

**NN 36654**

---

**Proefstation en Consulentschap in Algemene Dienst voor de  
Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond**

---

# **Themadag**

## **"Vruchtwisseling grenzen aan nauwe rotaties"**

themaboekje nr. 9  
24 november 1989

redactie: ing. H. Bosch

CONSULENTSCHAP



LELYSTAD

Consulentschap in Algemene Dienst voor de Akkerbouw  
en de Groenteteelt in de Vollegrond, Postbus 369,  
8200 AJ Lelystad, tel. 03200 - 22714

Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de  
Vollegrond, Postbus 430, 8200 AK Lelystad,  
tel. 03200 - 22714

PROEFSTATION



LELYSTAD

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0394 3228

ESN = 495595

BIBLIOTHEEK  
LANDBOUWUNIVERSITEIT  
WAGENINGEN

---

# INHOUD

---

|   | blz. |
|---|------|
| Voorwoord .....   | 5    |
| Vruchtwisseling centraal .....  | 7    |
| Beperkingen en mogelijkheden van (nauwe) rotaties in de<br>akkerbouw .....                                      | 10   |
| Het belang van vruchtwisseling in de vollegrondsgroenteteelt .....  | 26   |
| Vruchtwisseling ter beheersing van schade door aaltjes .....  | 39   |
| Plantpathogene bodemschimmels en vruchtwisseling .....  | 47   |
| Nieuwe gewassen als deeloplossing voor problemen met bodem-<br>gezondheid en overschotten in de akkerbouw ..... | 62   |
| Perspectieven van het veredelingsonderzoek op resistentie tegen<br>enkele bodempathogenen .....                 | 72   |
| Economische aspecten met betrekking tot de bouwplankeuze .....  | 78   |
| De (on)mogelijkheden van bouwplanverruiming .....   | 81   |

---

---

# Voorwoord

---

De plannen om een themadag over het onderwerp "Vruchtwisseling; grenzen aan nauwe rotaties" te organiseren zijn gebaseerd op de gedachten dat:

- het onderwerp actueel is nu de agrarische sector geconfronteerd wordt met wijzigingen in de verhoudingen van de prijzen voor produktiemiddelen en produkten. Daardoor kunnen situaties ontstaan dat de meest intensieve rotaties, die technisch mogelijk of wettelijk toegestaan zijn, niet steeds de rendabelste zijn;
- de vruchtwisseling een belangrijke invloed heeft op de ontwikkeling of onderdrukking van ziekten- en plagenverwekkende organismen. Op grond daarvan kunnen er belangrijke verschillen ontstaan in de noodzaak van pesticidgebruik en daarmee op de acceptatie van de bedrijfsvoering;
- er veel kennis met betrekking tot de effecten van vruchtwisseling en teelt-frequenties alsmede hun oorzaken beschikbaar is gekomen in de laatste decennia. Deze kennisvermeerdering is niet in de laatste plaats te danken aan het werk dat ing. O. Hoekstra de afgelopen 25 jaar op dit gebied heeft gedaan. Wij hopen dat de aandacht die via deze themadag reeds gevestigd wordt op het onderwerp 'vruchtwisseling' een extra stimulans betekent om kennis te nemen van het binnenkort te verschijnen rapport over 25 jaar vruchtwisselingsonderzoek op de proefboerderij "De Schreef" van de heer Hoekstra, die daarmee zijn loopbaan als onderzoeker afsluit.

Erkentelijkheid wil ik uitspreken aan het adres van de medewerkers van het CABO, het CPO en het IPO voor hun gewaardeerde bijdrage aan het voorliggende themaboekje. Ik hoop dat hun inbreng samen met de artikelen van de medewerkers van het PAGV en het Consulentschap in algemene dienst een vruchtbare bijdrage leveren aan het oplossen van de beperkingen die aan nauwe rotaties verbonden zijn.

Ir. A.J. Riemens,  
directeur PAGV

---

# Vruchtwisseling Centraal

---

A.J. Riemens, PAGV

## 1. Inleiding

De akkerbouw en de groenteteelt in Nederland hebben steeds getracht de kostenstijgingen te compenseren door een vergroting van de produktie per man en per oppervlakte-eenheid. Het vergroten van de produktie per man was mogelijk door de sterke ontwikkeling van de mechanisatie in de decennia na de oorlog. Toen deze mogelijkheden uitgeput raakten en een structurele bedrijfsvergroting gezien de geringe mobiliteit van grond ook niet realiseerbaar was, werd de produktie per oppervlakte-eenheid sterk opgevoerd. Het percentage hoogsalderende gewassen werd zo hoog mogelijk opgevoerd om de verhoudingen tussen arbeid, kapitaal en grond in evenwicht te houden.

De akkerbouw en de groenteteelt in de volgrond worden mede als gevolg van deze ontwikkeling nu uitgeoefend op gespecialiseerde bedrijven. Specialisatie in de zin van een relatief groot aandeel van een of enkele gewassen per bedrijf. Maar ook specialisatie naar regio om zodoende een zekere centrumrol voor zo'n gewas te vervullen, zowel met het oog op beschikbaarheid van kennis als op het bevorderen van de marktpositie. De regionale specialisatie vertoont daarnaast een duidelijke relatie met de geschiktheid van de grond voor bepaalde teelten. Voorbeelden van beide vormen van specialisatie zien we bij de teelt van fabrieksaardappelen in het noordoostelijk zand- en veenkoloniale gebied, de teelt van bloem- en sluitkool in Noord-Holland, de graanteelt in het Oldambt, de preiteelt in het zuidelijk zandgebied, de spruitkoolteelt in Zuid-Holland en de maisteelt op de zuidelijke en oostelijke zandgronden.

Specialisatie heeft vele voordelen. Genoemd werden reeds kennis- en aanbod-

concentratie, maar ook een optimaler gebruik van investeringen ten behoeve van een teelt, zowel op bedrijfsniveau als in een gebied spelen een rol. Zoals zo vaak zijn er echter naast de zonzijde ook schaduwkanten. Een eenzijdig bouw-of teeltplan kan zodanig verstorend werken op het ecologisch evenwicht dat er problemen kunnen ontstaan met de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden. Tevens kunnen de opbrengsten zowel kwalitatief als kwantitatief onder druk komen.

## 2. Nauwe rotaties in het licht van de beleidsontwikkeling

Eenzijdige teelt- en bouwplannen geven in het algemeen ook aanleiding tot de ontwikkeling en bevordering van met de teelt samenhangende ziekte- en plaagverwekkers of specifieke moeilijk te bestrijden onkruiden. Dit heeft in vele situaties tot gevolg dat steeds meer bestrijdingsmiddelen nodig zijn om de problemen de baas te blijven. Niet zelden wordt ook een flinke aanslag op de structuur van de grond gedaan, waardoor gewassen vaker in stress-situaties komen en daardoor groeistoornissen vertonen. Om de risico's van schade te beperken wordt via extra bemesting e.d. getracht de ongunstige uitgangspositie te camoufleren. De grenzen hiervan worden echter steeds meer ervaren. Bovendien werkt het kostenverhogend en worden de risico's van emissie van bestrijdingsmiddelen en nutriënten groter. Beleidsnota's zoals de Structuurnota Landbouw en het Nationaal Milieu beleidsplan geven aan dat de land- en tuinbouw zich wat betreft het gebruik van meststoffen en bestrijdingsmiddelen zal moeten aanpassen om te kunnen voldoen aan de maatschappelijke eisen. Ook het binnen afzienbare tijd te verwachten Meerjarenplan Gewasbescherming zal on-

getwijfeld een zwaar accent leggen op een vermindering van de afhankelijkheid van de landen tuinbouw van de chemische inputs.

Toch zijn het niet alleen de sociaalmaatschappelijke overwegingen die een appél doen op de aanpassing van de bedrijfsvoering. De eisen die de markt stelt aan de producten noodzaken steeds meer tot aanpassing van het productieproces. Het is duidelijk dat de relatief hoge inzet van meststoffen en bestrijdingsmiddelen bij een nauwe rotatie niet parallel loopt met de maatschappelijke en economische ontwikkeling. De grenzen die gesteld moeten worden aan de gevolgen van nauwe rotaties en hoge teeltfrequenties worden steeds duidelijker zichtbaar. In dat kader is de aandacht voor het thema vruchtwisseling van het grootste belang.

### 3. Oplossingsrichtingen

Om gericht te kunnen werken aan de vruchtwisselvraagstukken is in de eerste plaats kennis nodig omtrent de effecten van vruchtopvolgingen en teeltfrequenties op opbrengst en kwaliteit alsmede op de kosten die gemaakt moeten worden om de productie te realiseren.

Daarnaast is inzicht nodig in de factoren die ten grondslag liggen aan vruchtwisselingseffecten. Het gaat daarbij met name om de relaties tussen gewassen, pathogenen en bodemeigenschappen en de veranderingen die in de tijd in dit complex optreden onder invloed van het bouwplan.

Ingrijpen in deze relaties vereist tevens inzicht in de populatiedynamica van ziekte- en plaagverwekkers in verband met de gehanteerde rotaties. Eventuele ingrepen zullen zowel milieutechnisch als economisch verantwoord dienen te zijn. Op ecologische evenwichten gebaseerde maatregelen lijken daarbij de voorkeur te hebben boven veelal curatieve chemische ingrepen. Het hanteren van deze principes om de effecten van nauwe rotaties en hoge teeltfrequenties te beheersen is specifiek van karakter. De omstandigheden zijn van gebied tot gebied en van perceel tot perceel verschillend. Daarom

is er ook geen uniforme oplossing, maar zal er gebieds-, bedrijfs- of misschien wel percelen gericht gestuurd en gehandeld moeten worden.

Een tweede spoor dat aandacht verdient in dit kader zijn de mogelijkheden van de bouwplanverbreding. Daarbij gaat het niet alleen om verruiming met het huidige gewassenpakket, maar zullen ook de technische en economische mogelijkheden van potentieel nieuwe gewassen in ogenschouw genomen moeten worden.

De derde mogelijkheid die kan bijdragen aan de vermindering van de nadelen van nauwe rotaties is het perspectief dat de plantenveredeling kan bieden. De vraag komt aan de orde of er niet eerder gedacht moet worden aan een betere benutting van rasspecifieke resistenties in plaats van afwisseling van gewassen. Dit speelt temeer daar een diversificatie op bedrijfsniveau op economische en technische gronden, gezien de structuur van de bedrijven eveneens beperkingen kent. Zowel de benadering twee als drie kan van nut zijn voor zover het de gewasspecifieke (obligate) pathogenen betreft. Er is echter ook een groep polyfage ziekteverwerkers, die zich op vele gewassen kunnen vermeerderen en schade veroorzaken. Daarom is er aandacht nodig voor een vierde benadering, waarbij juist deze moeilijke groep wordt aangepakt. Voorbeelden hiervan zijn de vrij levende aaltjes en schimmelziekten zoals *Verticillium dahliae*, *Rhizoctonia spp.*, *Sclerotinia spp.* De oplossing voor de beheersing van deze pathogenen zal gezocht moeten worden in het verhogen van de veldresistentie door veredeling en cultuurmaatregelen. Maar ook het inzetten van vanggewassen als benutting van gewasloze perioden in de vruchtopvolging kan in de toekomst mogelijk uitkomst bieden.

### 4. Tot slot

Het centraal stellen van de vraagstukken met betrekking tot de beperkingen die in de samenstelling van de teelt- en bouwplannen ondervonden worden, heeft tot doel de op-

lossingsrichting extra onder de aandacht te brengen. Zeker niet voor iedere situatie is een eenduidige oplossing aan te geven.

De verschillende aspecten van de vruchtwisseling en teeltfrequentie worden vanuit diverse invalshoeken benaderd. Ook de haalbaarheid van de diverse theoretische mogelijkheden komt aan de orde.

De vraag daarbij is of bij de wijzigende of reeds veranderde verhoudingen tussen kosten voor produktiemiddelen en opbrengstprijzen, het nog steeds rendabel is een zo nauw mogelijke rotatie te hanteren dan technisch mogelijk of wettelijk toegestaan is. Naast het economisch aspect is ook de zorg om het milieu van even groot belang om een gefundeerde keus te maken bij het opstellen van het teelt- of bouwplan.

Het benutten van alle kennis en mogelijkheden kan echter zonder twijfel een bijdrage leveren aan het bevorderen van een duurzame, veilige en concurrerende land- en tuinbouw.

# Beperkingen en mogelijkheden van (nauwe) rotaties in de akkerbouw

*J.G. Lamers en O. Hoekstra, PAGV*

## 1. Inleiding

Het saldo van de akkerbouwgewassen loopt sterk uiteen. De akkerbouwer die een vergelijkbaar inkomen wil halen met iemand uit andere bedrijfstakken, zal er naar streven om een zo groot mogelijk oppervlak van zijn bedrijf te telen met (zo) hoog (mogelijk) salderende gewassen. Op klei- en zavelgrond zijn het de gewassen aardappelen en suikerbieten die voor een belangrijk deel de hoogte van het inkomen bepalen. Op andere grondsoorten komen andere hoofdgewassen in het bouwplan voor, wat onder meer bepaald wordt door de mogelijkheden voor teelt en afzet, de bedrijfsstructuur en de voorkeur van de akkerbouwer. Zo wordt er in het noorden van het land op zware klei continueelt van graan aangetroffen. Op zand- en dalgrond in noord-oost Nederland verbouwt men voornamelijk fabrieksaardappelen - tot 50 procent van het bouwplan -, vanwege de afzetmogelijkheden aan de Avebe en vanwege de lage pH van de grond. In het zuidoosten van Nederland, op zandgrond, zijn veel groenten in het bouwplan opgenomen. Daarnaast wordt daar veel maïs in continueelt verbouwd. Zo heeft iedere regio zich gespecialiseerd. De problemen die worden aangetroffen, zijn soms algemeen van aard, of hebben soms een regionaal karakter. Het vruchtwisselingsonderzoek bij het PAGV, de diverse regionale onderzoekcentra, de Landbouwuniversiteit en bij diverse instituten is de laatste decenia vooral op knelpunten bij de frequente teelt van aardappelen en suikerbieten gericht geweest. In de loop van de tijd zijn als knelpunten ervaren: de opbouw van cysteaaltjes, de achteruitgang van de bodemstructuur en de ontwikkeling van schadelijke schimmels.

## 2. De vruchtwisselingsproeven

Een heel scala van vruchtwisselingsproeven, die 12 tot 25 jaar hebben geduurd, is inmiddels (bijna) voltooid. In 1963 is door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders op maagdelijke poldergrond de vruchtwisselingsproef De Schreef aangelegd om op zware kleigrond na te gaan of een hoog percentage rooivuchten in het bouwplan technisch uitvoerbaar is en bij welk percentage rooivuchten het beste rendement wordt verkregen (bijlage 1). Na 9 jaren blijken de meest intensieve bouwplannen, de driejarige rotaties met aardappelen en suikerbieten, het beste rendement te geven. Vandaar dat de vraag is gerezen of tweejarige rotaties met aardappelen en suikerbieten op de jonge poldergronden de bedrijfsuitkomsten nog verder zouden kunnen verhogen. Om deze vraag te beantwoorden is de proef PAGV1 met driejarige en tweejarige rotaties en continueelten van aardappelen en suikerbieten aangelegd (bijlage 2). Omdat deze proeven op jonge poldergrond liggen is nagegaan in hoeverre de gevonden effecten ook in andere regio's optreden. Vandaar dat in 1977 op het regionale onderzoekcentrum (ROC) te Westmaas vierjarige, driejarige en tweejarige rotaties met consumptie-aardappelen en suikerbieten zijn aangelegd, aangevuld met wintertarwe (WS 265, bijlage 3). Een soortgelijke proef is in hetzelfde jaar van start gegaan op het ROC te Kloosterburen (Fedde-maheerd, FH 82, bijlage 4) met pootaardappelen. Op zand- en dalgrond is op een toenmalige ROC te Emmercompascuum (A.G. Mulderhoeve, AGM 600) in 1980 een omvangrijke proef gestart met fabrieksaardappelen. Deze aardappelen varieerden in teeltfrequentie van eenmaal in de vier jaar tot ieder jaar aardappelen op een zelfde perceel (bijlage 5). Al deze proeven zijn met uit-



zondering van die op de A.G. Mulderhoeve onlangs beëindigd. Een andere vruchtwisselingsproef met het accent op graan is de proef PrLov 1 gelegen op de Lovinkhoeve (zavelgrond), waarvan de gegevens van 1969-1977 zijn gebruikt (Grootenhuis et al., 1979). Een suikerbieten vruchtwisselingsproef heeft gelegen op een humushoudende zandgrond van Vredepeel (VP 398; Maas en Lamers, 1988), waarbij in 1982 en 1985 een vergelijking van twee- en driejarige rotaties mogelijk was met en zonder grondontsmetting. Voorvruchteffecten van o.a. graan en suikerbieten zijn bij fabrieksaardappelen bestudeerd door Houtman (1986, KB 463) en van graan en aardappelen bij suikerbieten door Geelen (1985, VP 234; 1989, VP 650). De invloed van de voorvrucht erwten bij consumptie-aardappelen komt naar voren op het vruchtwisselingsproefveld De Schreef, maar ook op praktijkbedrijven in het Zuidwesten (Wander et al., 1989).

In de navolgende beschrijving zal getracht worden om voor ieder gewas de vruchtwisselingseffecten te ontleden in teeltfrequentie- en voorvruchteffecten en de gevolgen aan te geven voor opbrengst en kwaliteit. De opbrengstgegevens hebben betrekking op de laatste vier jaren van de proef met vergelijkbare rotaties en veelal gemiddeld over de stikstoftrappen, tenzij anders is aangegeven. De oorzaken van de vruchtwisselingseffecten moeten bekend zijn om gerichte maatregelen te kunnen nemen. Van een aantal teeltmaatregelen kan aangegeven worden in welke mate de vruchtwisselingseffecten worden teruggedrongen. Hierop wordt nader ingegaan.

### 3. De gevolgen van nauwe bouwplannen

#### 3.1 Aardappelen

Het effect van de teeltfrequentie komt bij consumptie-aardappelen sterk naar voren op het vruchtwisselingsproefveld van De Schreef (Hoekstra, 1990). Nadat viermaal een driejarige rotatie is voltooid, blijkt de opbrengst zich te stabiliseren. Een vierjarige rotatie met dezelfde voorvrucht en ook zonder grondontsmetting geeft een 5% hogere aardappelopbrengst, een zesjarige rotatie 16% en een veld waar niet eerder aardappelen hebben gestaan, brengt 23% meer op (tabel 1). De vruchtwisselingsproef PAGV1 op zware zavelgrond laat soortgelijke resultaten zien met zeer nauwe rotaties en continueelt (Lamers, 1989). De opbrengst van aardappelen in continueelt brengt 35% minder op dan in een zesjarige rotatie. In de vruchtwisselingsproef te Westmaas komen ook verschillen onder invloed van de teeltfrequentie naar voren, die in dezelfde orde van grootte liggen als in proeven op jonge poldergrond.

De oorzaken voor de slechte zelfverdraagzaamheid van consumptie-aardappelen zijn vooral van biologische oorsprong gebleken (Scholte et al., 1985). De belangrijkste ziekte is de verwelkingsziekte *Verticillium dahliae*, die in nauwe bouwplannen een vervroegde afsterving van het gewas veroorzaakt (Bollen et al., 1989). Daarnaast blijkt ook netschurft (*Streptomyces spp.*) van betekenis te zijn bij het vatbare ras Bintje, dat gebruikt is

**Tabel 1.** De invloed van de teeltfrequentie op de afleverbare opbrengst van consumptie-aardappelen (De Schreef, PAGV1, WS 265), pootaardappelen (FH 82) en fabrieksaardappelen (AGM 600) met zo nodig een bestrijding van aaltjes.

| teeltfrequentie | De Schreef | PAGV1 | WS 265 | FH 82 | AGM 600 |
|-----------------|------------|-------|--------|-------|---------|
| 1/00            | 123        |       |        |       |         |
| 1/6             | 116        |       |        |       |         |
| 1/4             | 105        |       | 100    | 104   | 99      |
| 1/3             | 100        | 100   | 100    | 100   | 100     |
| 1/2             |            | 97    | 90     | 99    | 96      |
| 1/1             |            | 81    |        |       | 91      |

### 3.4 Snijmaïs

In tegenstelling tot wat nog 5 jaar geleden voor waar werd aangenomen, blijkt maïs ook sterk te reageren op de teeltfrequentie. Uit proeven van Scholte (1987a) op zandgrond blijkt dat maïs in continueelt 16% en in een tweejarige rotatie 15% minder opbrengt dan een 5-jarige rotatie. Een vruchtwisselingsproef op zavelgrond (PAGV) geeft ook een opbrengstverlaging van 15% te zien in vergelijking met een zesjarige rotatie. De oorzaken van deze lagere opbrengsten zijn op zandgrond met name *Pythium* en deels *Fusarium*-soorten. Deze schimmels, die wortelverbruining veroorzaken, komen ook op zavelgrond voor, maar lijken hier minder van belang te zijn.

Aanzienlijke bodemverdichtingen kunnen bij continu maisteelt optreden door het uitrijden van drijfmest onder slechte omstandigheden. In proeven zijn opbrengstverlagingen gevonden van 4% bij geringe aslasten en 13% bij hoge aslasten van 10 ton (Schröder, 1986). Doordat bij sterke bodemverdichting de bovengrond in het voorjaar vochtiger is en in de zomer eerder uitdroogt, valt te verwachten dat er meer schade is van wortelverbruining veroorzakende schimmels. Voorvruchteffecten zijn bij maïs niet direct onderzocht, aangezien maïs voor 50% in continueelt geteeld wordt op vooral bedrijven met vee. Er loopt nog een grote vruchtwisselingsproef met maïs en gras in diverse teeltfrequenties op het ROC Cranendonck. In de loop van de komende jaren komt daar veel informatie over vrij.

De kwaliteit van de maïs blijkt in continueelt iets te veranderen. Op zandgrond worden in de proeven van Scholte minder kolven ge-

teld. Op zavelgrond blijkt het gewas in continueelt eerder af te rijpen, waardoor bij oogst op dezelfde datum een hoger drogestofgehalte wordt gevonden.

## 4. Tegengaan van problemen met nauwe bouwplannen

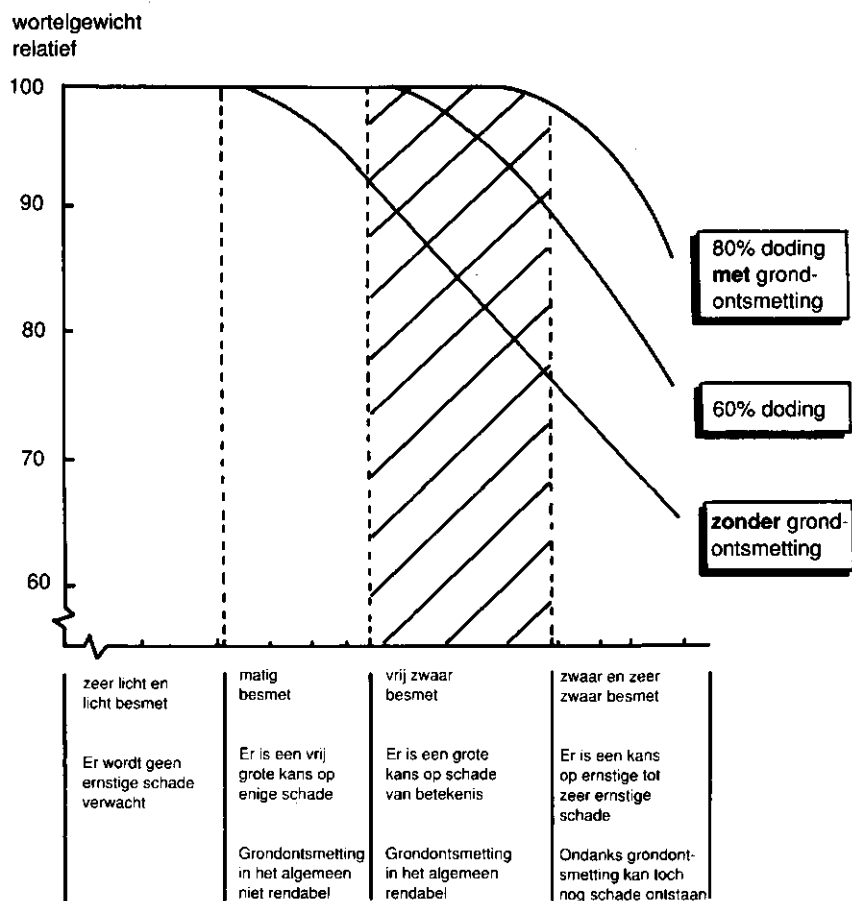
Nauwe bouwplannen benadelen de bodemgezondheid en/of de bodemvruchtbaarheid. De boer heeft een aantal teeltmaatregelen ter beschikking om die nadelen zo veel mogelijk te beperken. Achtereenvolgens komen aan de orde: grondontsmetting, raskeuze, organische en minerale bemesting, tegengaan van bodemverdichting, bestrijding van onkruiden, diversen.

### 4.1 Grondontsmetting

Wanneer schadelijke aaltjesniveaus aanwezig zijn dan kunnen grote effecten van grondontsmetting worden verwacht (fig. 1). De suikeropbrengst kan met 10-25% stijgen, afhankelijk van de aaltjesdichtheid en het dodingspercentage van de bietecysteaaltjes bij de grondontsmetting. Bij fabrieksaardappelen is door Roosjen en Mulder (1985) gevonden dat de stijging nog afhangt van het ras en de grondsoort. Naast opbrengsteffecten, wordt ook de onkruidpopulatie teruggedrongen en treedt er een gering N-bemestingseffect op. Bij afwezigheid van schadelijke aaltjes worden in de vruchtwisselingsproeven op klei- en zavelgrond opbrengststijgingen gevonden van -1 tot +4% bij aardappelen, van -2 tot +5% bij suikerbieten en van +1 tot +2% bij granen (tabel 7). Bij aardappelen is vastgesteld dat door de bestrij-

**Tabel 7.** Het effect van grondontsmetting in het bouwplan op de opbrengst van meerdere gewassen bij afwezigheid van schadelijke aaltjesniveau's.

| voorvrucht   | De Schreef | PAGV1 | WS 265 | FH 82 | VP 398 |      |
|--------------|------------|-------|--------|-------|--------|------|
|              |            |       |        |       | 1982   | 1985 |
| aardappelen  | 104        |       | 103    | 99    |        |      |
| suikerbieten | 100        | 105   | 98     | 99    | 114    | 87   |
| granen       | 102        |       | 102    | 99    |        | 101  |



**Fig. 1.** Het verband tussen de besmettingsklassen en de bietenopbrengst met en zonder toepassing van grondontsmetting.

ding van vrijlevende aaltjes minder *Verticillium*-schade optreedt (Scholte, 1989). In grondontsmettingsproeven van het IRS zijn bij suikerbieten opbrengststijgingen gevonden van 5-8% (Anonymus, 1983). Op zand- en dalgrond kunnen bij suikerbieten wel opbrengststijgingen worden gevonden van 10-15% (VP 398; Mulder en Roosjen, 1989) maar evenzeer blijkt grondontsmetting de opbrengst te kunnen verminderen met 13%, wanneer *Rhizoctonia solani* aanwezig is (VP 398; Geelen, pers. med.) In dit laatste geval versterkt grondontsmetting de frequentie- en voorvruchteffekten. Na toepassing van granulaire nematiciden is door Scholte (1987b) en Hofman (1988) ook een toename van de

*Rhizoctonia*-aantasting in aardappelen gevonden, als gevolg van een afname van de schimmelende bodemfauna.

Bij afwezigheid van cysteaaltjes geeft grondontsmetting gemiddeld genomen bij consumptie-aardappelen een opbrengstverhoging te zien van ca 4%, waardoor de frequentie-effecten kunnen afnemen; bij suikerbieten en granen zijn er gemiddeld geen effecten (Hoekstra, 1989a). Bij het gebruik van grondontsmetting in nauwe bouwplannen kan een aantal kanttekeningen worden geplaatst.

1. Uit onderzoek van het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen is gebleken dat de grond door de frequente

grondontsmetting, sneller grondontsmettingsmiddelen afbreekt (adaptie). Dit geldt zowel voor natte grondontsmetting met fumigantia als voor droge grondontsmetting met granulaire nematiciden. Door de versnelde afbraak van de nematiciden was in de continueelt van suikerbieten op PAGV1 de doding minder dan 50 procent en was de opbrengststijging niet voldoende om de kosten voor grondontsmetting goed te maken.

2. Na iedere teelt van een vatbaar gewas is de aaltjesbesmetting (bijna) weer op het oude niveau of er nu wel of geen grondontsmetting wordt toegepast (Anonymus, 1984). De cysteaaaltjes vermeerderen zich sterker bij de lage dichtheden na grondontsmetting.
3. Aaltjeschade kan bij betrekkelijk lage populatieniveaus door grondontsmetting vrijwel volledig worden tegengegaan, maar bij hoge dichtheden blijft de restbesmetting nog boven het tolerantieniveau (suikerbieten, PAGV1).
4. Ook kan het gebeuren dat door natte weersomstandigheden een grondontsmetting in de herfst niet uitvoerbaar is, waardoor in het voorjaar op zavel- en kleigrond de minder bedrijfszekere droge grondontsmettingsmiddelen moeten worden gebruikt (1987, suikerbieten, WS 265).
5. Om diverse milieuredenen staat het gebruik van grondontsmettingsmiddelen ter discussie. Nematiciden nemen een groot deel van het totaal aan pesticiden in beslag. De hoeveelheid pesticiden kan sterk worden teruggedrongen, wanneer de grond alleen wordt ontsmet daar waar het nodig is.

#### 4.2 Raskeuze

De gevonden frequentie-effecten blijken in een aantal gevallen sterk af te hangen van het gebruikte ras. Bij aardappelen op De Schreef is gebleken dat de verschillen in opbrengst tussen een 1 op 6 en een 1 op 3 rotatie worden genivelleerd met het ras Mirka, dat zeer tolerant is voor *Verticillium dahliae*

en immuun voor netschurft. Maar bij continueelt van aardappelen is er met het ras Mirka in twee van de drie jaren nog een duidelijk verschil met de zesjarige rotatie aanwezig gebleven (Lamers et al., 1989). De populatie van het aardappelpysteelt is makkelijk te reduceren met behulp van resistente rassen. De tolerantie van de resistente aardappelrassen blijkt heel belangrijk te zijn. De *Globodera pallida* (path. twee) resistente rassen Darwina en Atrela zijn zeer gevoelig en het ras Elles is tolerant (Velema en Boerma, 1988). Na ongeveer vijf teelten is de resistentie doorbroken. Dan dienen opnieuw hoog produktieve rassen ontwikkeld te zijn, die resistent en tolerant zijn tegen het nieuwe pathotype. Uit onderzoek met dynamische simulatie van de ontwikkeling van aardappelpysteeltjes en van het bedrijfsresultaat blijkt dat zolang resistente rassen ingezet kunnen worden, de 1 op 2 fabrieksaardappelteelt aantrekkelijk blijft, maar dat wanneer de resistentie is doorbroken en weer voor iedere aardappelteelt ontsmet moet worden, verruiming naar een 1 op 5 teelt zonder grondontsmetting een beter bedrijfsresultaat geeft (Groenwold, 1989).

Ten aanzien van de *Rhizoctonia*-aantasting zijn er ook rasverschillen. Dan blijkt Mirka weer een gevoelig ras te zijn. Voor de diverse pathogenen bestaan er tussen rassen verschillen in resistentie en tolerantie. Dit zou pleiten voor een perceelsgerichte advisering over de raskeuze, afhankelijk van de pathogenen die op dat perceel voorkomen. Voor aardappelen evenwel is er een hoofdraz voor de consumptiemarkt en nog steeds ook voor de verwerkende industrie, namelijk Bintje. Wellicht kunnen er nog rassen gevonden worden die perspectief bieden op met *Globodera rostochiensis* besmette percelen. Voor met *G. pallida* besmette percelen is de keuze te beperkt. Daarnaast zullen nog nieuwe rassen ontwikkeld moeten worden, die een aantal goede eigenschappen combineren met een hoge tolerantie voor *Verticillium dahliae*.

Suikerbietenrassen die resistent zijn tegen bietecysteeltjes (Heijbroek, 1988), kunnen in het zuid-westen veel perspectief bieden.

In het zuid-westen liggen de besmettingsniveaus hoger doordat in het verleden zeer frequent suikerbieten zijn geteeld.

Tussen de maïsrassen blijken zeer duidelijke verschillen te bestaan in de mate van wortelverbruining. Rassen die minder vatbaar zijn voor wortelverbruining, reageren minder sterk in de vorm van een opbrengst-depressie in continueelt (Schröder et al, 1989).

### 4.3 Organische bemesting

Bij eenzijdig samengestelde bouwplannen met rooivuchten kan de toevoer van organisch materiaal via gewasresten de jaarlijkse afbraak van organische stof in de grond doorgaans niet goedmaken. Er dient dan extra organisch materiaal te worden aangekocht om het organische-stofpeil in stand te houden. In een aantal vruchtwisselingsproeven is het effect van een organische bemesting nagegaan. In de proef PAGV1 heeft champignoncompost bij aardappelen in een tweejarige rotatie een gering positief effect gegeven van 2-4% en bij suikerbieten van -1 tot +3%. In de proef AGM 600 is het effect van de groenbemesting eerder negatief (-3%) bij aardappelen en vooral bij zomertarwe (-6%). De groenbemester (Engels raigras) blijkt bij gelijktijdige inzaai met de zomertarwe het hoofdgewas te sterk te beconcurreren.

De vruchtwisselingsproeven liggen over het algemeen op vruchtbare grondsoorten. Daardoor zijn de (rest)effecten van toediening van organische stof gering. Langdurige toediening van diverse organische meststoffen leidde op de Van Bemmelenhoeve tot aanmerkelijke opbrengststijgingen (Van den Eijnden, 1987). Het resteffect is van scheikundige, fysische, fysiologische, biologische en synergistische oorsprong (De la Lande Cremer, 1986). Het terugdringen van de ziekte-aantasting in nauwe bouwplannen gebeurt slechts incidenteel. Daardoor biedt organische bemesting maar een beperkte oplossing voor de teeltfrequentie-effecten.

### 4.4 Minerale bemesting

De hoeveelheid N-mineraal in de bodem wordt, afgezien van grondsoort en weer, bepaald door voorvrucht, groenbemesting, organische bemesting, tijdstip en wijze van hoofdgrondbewerking en dergelijke.

De geadviseerde hoge fosfaat- en kalibemesting voor aardappelen en suikerbieten leiden ertoe, dat in nauwe bouwplannen met hakvruchten de fosfaat- en kaligehalten snel stijgen. Bovendien leiden de lagere opbrengsten tot een evenredig lagere N, P en K-opname door het gewas (onderzoek CABO).

Voor stikstof zou de vooraf ingeschatte stikstofbemesting daardoor lager kunnen uitvallen bij te verwachten opbrengstreducties door frequentie en/of voorvrucht. Een veelheid van stikstoftrappen op de Schreef heeft dit niet bevestigd. Zelfs is op proefveld PAGV1 gebleken dat de behoefte aan stikstof bij continueelt aardappelen ca 40 kg N/ha hoger was dan bij de teelt 1 op 3. Waarschijnlijk kan een deel van het wortelstelsel dusdanig verziekt zijn, dat de nutriënten-opname erdoor stagneert. Zo is gebleken dat de sterk achtergebleven fosfaatopname door aardappelen na suikerbieten op de Schreef niet door een hogere P-bemesting kan worden verbeterd.

Een hogere N- en P-bemesting in continueelt maïs heeft op zavelgrond niet tot duidelijk geringere frequentie-effecten geleid (Huiskamp, pers. med.).

### 4.5 Bodemstructuur

Voor het afvoeren van vele tonnen rooivuchten onder vaak natte omstandigheden, wordt veel van de bodem gevraagd. Door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid is nauwgezet onderzocht in hoeverre de bodemstructuur in nauwe bouwplannen achteruit gaat. Hoewel er visueel verschillen zijn opgetreden ten nadele van meer hakvruchten (Hoekstra, 1990), is in de vruchtwisselingsproeven de bodemstructuur veelal niet limiterend geweest. In een tweejarige rotatie aardappelen-suikerbieten (PAGV1) blijkt een

lossegrondsteelt (rijbanenteeltsysteem) 5% hogere aardappelopbrengsten te geven (Lamers, 1987). Deze opbrengstverhoging is vooral in natte jaren tot stand gekomen (zuurstofgebrek), maar heeft de ziekte-aantasting niet verminderd. Ook in ruime bouwplannen zal door lossegrondsteelt een opbrengstverhoging gerealiseerd kunnen worden. Bij suikerbieten is geen opbrengstverhoging vastgesteld. Het rijbanenteeltsysteem evenwel lijkt voor de akkerbouw te duur (Lamers et al., 1986). Ook het gebruik van lagedrukbanden is een mogelijkheid om bodemverdichtingen tegen te gaan. Op zandgronden bij continu maisteelt worden verdichtingen tijdelijk opgeheven door het gebruik van een diepwerkende vastetandcultivator. Het zware machinepark dat verdichtingen tot gevolg heeft, kan bij een verstandige inzet ook gebruikt worden om verdichtingen weer op te heffen.

#### 4.6 Onkruiden

In nauwe bouwplannen zijn er over het algemeen meer probleemonkruiden dan in ruime bouwplannen. Door het eenzijdige gebruik van bestrijdingsmiddelen en door de gewassen treedt een sterke selectie op. In de vruchtwisselingproeven op kleien zavelgrond nemen in bouwplannen met in verhouding veel dicotyle gewassen (aardappelen, suikerbieten, erwten, vlas) de problemen met dicotyle onkruiden, zoals klein hoefblad, akkerdistel en akkermelkdistel, duidelijk toe. Maar ook laatkiemende zaadonkruiden zijn in dergelijke eenzijdige bouwplannen aanwezig. Na zachte winters komt daar aardappelopslag bij. In deze bouwplannen vraagt de beheersing van onkruiden dus veel aandacht.

In de continue teelt van maïs zijn er problemen ontstaan door het optreden van triazine resistente onkruiden zoals hanepoot, kweek, melganzevoet en zwarte nachtschade. Met een afwisseling van herbiciden en combinatie met een mechanische bestrijding zijn de problemen grotendeels te ondervangen.

#### 4.7 Diversen

De braakregeling biedt (op zandgronden) extra mogelijkheden om iets aan de bodemgezondheid en/of bodemvruchtbaarheid te doen. Er is onderzoek gaande naar de mogelijkheid om aardappelen te gebruiken als lokgewas voor de bestrijding van het aardappelcysteaaltje in plaats van een grondontsmetting. De mogelijkheid van vangplanten voor schimmels wordt in het artikel van Dijst verder uitgewerkt. Bacterisatie van zaaigoed heeft bij winter tarwe geleid tot een vroegtijdig ziekteverend worden van de grond tegen tarwehalmdoder (Lamers et al., 1988). Ook zijn er positieve effecten gevonden van bacterisatie in het begin van het groeiseizoen om rotatie-effecten bij aardappelen te beperken. Dit is dan met name gericht op het beperken van de HCN-productie door schadelijke bacteriën. Helaas waren deze positieve effecten aan het eind van het groeiseizoen meestal verdwenen (Bakker et al., 1989).

Bestrijding van lakschurft in de pootgoedteelt is goed mogelijk gebleken met behulp van een voorjaarstoepassing van *Verticillium biguttatum* in combinatie met een verlaagde dosering grondbehandelingsmiddelen tegen *Rhizoctonia* (Jager et al., 1990). In koude jaren valt de toepassing tegen. Voor die gevallen loopt momenteel onderzoek naar de mogelijkheid om de *Rhizoctonia*-antagonist te gebruiken voor het doden en daarna verwijderen van de lakschurft in de bewaarperiode.

Het na de oogst verwijderen of verbranden van loof, dat bezet is met microsclerotia van *Verticillium dahliae*, levert zeker een bijdrage aan het verlagen van de infectiedruk. Maar in hoeverre dit leidt tot hogere opbrengsten van *Verticillium*-gevoelige gewassen, is nog onvoldoende onderzocht. Bovendien is het loof van sommige gewassen, als consumptie-aardappelen, moeilijk te verwijderen.

## 5. Tot besluit

De nauwe bouwplannen die worden toegepast, leiden vooral tot problemen met de bodemgezondheid. Door het inzetten van gerichte maatregelen, waarmee het pathogeen of de pathogenen direct bestreden worden, kan de schade aan het gewas beperkt worden. Veelvuldig gebruik van deze maatregelen - zoals grondontsmetting met nematiciden en fungiciden, resistente rassen - dient beperkt te worden vanwege het optreden van adaptie van de grond en/of resistentie van het pathogeen. Het gebruik van deze middelen zonder dat het pathogeen aanwezig is, zou met name in de consumptie-aardappelteelt en de aardappelteelt voor de verwerkende industrie tot een minimum beperkt moeten worden. Het afwisselend telen van diverse rassen heeft alleen voordelen bij de minder persistente pathogenen, die fysio's of pathotypen kennen, maar minder bij de polyfage pathogenen.

Een groot aantal teeltmaatregelen, die niet direct het pathogeen bestrijden maar de teelt optimaliseren (zoals organische bemesting), verzachten veelal de nadelige effecten van nauwe bouwplannen. Al deze teeltmaatregelen werken wel kostenverhogend. Bij de door de hoge teeltfrequentie afgenomen hectare-opbrengsten en toegenomen kosten wordt het eerder lonend om verruiming van de teelt na te streven. Bij verruiming van de teelt zullen bovendien minder snel problemen opduiken met (nieuwe) ziekten en plagen.

## Literatuur

Anonymus, 1983. Toepasbaarheidsonderzoek gewasbeschermingsmiddelen. In Jaarverslag 1982, IRS, Bergen op Zoom, p. 41.

Anonymus, 1984. Toepasbaarheidsonderzoek gewasbeschermingsmiddelen. In Jaarverslag 1983, IRS, Bergen op Zoom, p. 49.

Bakker, A.W., Cosse, A.A. en Schippers, B., 1987. The role of HCN-producing *Pseudomonas spp.* in yield reductions in short potato rotations. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent, 52, 1111-1117.

Bakker, P.A.H.M., Bakker, A.W., Geels, F.P., Lamers, J.G., Lugtenberg, B., Weisbeek, P.J. en Schippers, B., 1989. Effects of seed tuber treatments with *Pseudomonas spp.* on tuber yields in short rotations of potato. In Effects of Crop Rotation in Potato Production in the Temperate Zones, Eds. J. Vos, C.D. van Loon, G.J. Bollen. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, in druk.

Bollen, G.J., Hoekstra, O., Scholte, K., Hofman, T.W., Celetti, M.J. en Schirring, A., 1989. Incidence of soilborne pathogens in potato related to the frequency of potato growing on a clay loam. In Effects of Crop Rotation in Potato Production in the Temperate Zones, Eds. J. Vos, C.D. van Loon, G.J. Bollen. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, in druk.

De la Lande Cremer, L.C.N., 1986. Resteffecten, specifieke effecten, structuureffecten, nevenwerkingen, humus- en organische stofwerkingen van organische bemestingen. Themaboekje nr. 7, PAGV, Lelystad, p. 32-43.

Eijnden, Van den N.H.J.N., 1987. Instandhouden van de bodemvruchtbaarheid met behulp van organische mest. Jaarboek 1986, PAGV, Lelystad, p. 265-270.

Geelen, P., 1985. Vruchtwisselingsproef (VP 234), onderzoek naar de invloed van de voorvrucht op de opbrengst bij suikerbieten bij 4 N-hoeveelheden. In Van onderzoek naar Voorlichting 1984, Stichting proefboerderij Vredepeel, Vredepeel, p. 102-109.

Geelen, P., 1989. Vruchtwisselingsproef (650). In Van onderzoek naar Voorlichting 1988, Stichting proefboerderij Vredepeel, Vredepeel, p. 55-58.

Groenwold, J.G. 1989. Effect van grondontsmetting en organische bemesting op het bouwplan in de veenkoloniën. Onderzoekverslag LEI afd. Landbouw, Den Haag, in druk.

Grootenhuis, J.A., Mulder, J.K. en Schuller, H., 1979. Het graanvruchtwisselingsproefveld PrLov1(0001) op de proefboerderij dr. H.J. Lovinkhoeve te Marknesse. IB-rapport 4-79, Haren, pp. 89.

Heijbroek W., Roelands, A.J., De Jong, J.H., Van Hulst, C., Schoone, A.H.L., en Munning, R.G., 1988. Sugar beets homozygous for resistance to beet cyst nematode (*Heterodera schachtii*

Schm.), developed from monosomic additions of *Beta procumbens* to *B. vulgaris*. *Euphytica* 38, 121-131.

Hoekstra, O., 1981. 15 jaar "De Schreef". Publikatie nr. 11, PAGV, Lelystad, 91 pp.

Hoekstra, O., 1989a. Neveneffecten van grondontsmetting op de totale bouwplanopbrengst op kleigrond. Jaarboek 1987/88, PAGV, Lelystad, p. 10-17.

Hoekstra, O., 1989b. Effects of leguminous crops on potato production and on incidence of *Verticillium dahliae* in various crop rotations. In Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones. Eds. J. Vos, C.D. van Loon, G.J. Bollen, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, in druk.

Hoekstra, O., 1990. 25 jaar "De Schreef". Publikatie PAGV, Lelystad, in druk.

Hofman, T.W., 1988. Effects of granular nematicides on the infection of potatoes by *Rhizoctonia solani*. Ponsen en Looyen, Wageningen, pp. 125.

Houtman, H.J., 1986. Invloed van snijmaïs en runderdrijfmest op de opbrengst van het volggewas fabrieksaardappelen. PAGV-Interne mededeling nr. 428, Lelystad, 14 pp.

Jager, G., Velvis, H., Lamers, J.G., Mulder, A. en Roosjen Js., 1989. Geïntegreerde bestrijding van *Rhizoctonia solani* in aardappel. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota in druk.

Lamers, J.G., 1987. Nauwe rotaties en continu-teelten van aardappelen en suikerbieten. Jaarboek 1986, PAGV, Lelystad, p. 249-259.

Lamers, J.G., Schippers, B. en Geels, F.P., 1988. Soil-borne diseases of wheat in the Netherlands and results of seed bacterisation with *Pseudomonas* against *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. In Cereal breeding related to integrated cereal production, eds Jorna, M.L. en Sloomaker L.A.J., Pudoc, Wageningen, p. 134-139.

Lamers, J.G., 1989. Twelve years of continuous cropping and short rotations of potato at the 'PAGV1' experimental site. In Effects of Crop Rotation in Potato Production in the Temperate Zones, Eds. J. Vos, C.D. van Loon, G.J. Bollen. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, in druk.

Lamers, J.G., Hoekstra, O., Scholte, K., 1989. Relative performance of potato cultivars in short rotations. In Effects of Crop Rotation in Potato Production in the Temperate Zones, Eds. J. Vos, C.D. van Loon, G.J. Bollen. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, in druk.

Lamers, J.G., U.D. Perdok, L.M. Lumkes en J.J. Klooster, 1986. Controlled traffic farming systems in the Netherlands. *Soil Tillage Research* 8, 65-76.

Maas, P.W.TH. en Lamers, J.G., 1988. Management of the yellow beet cyst nematode with crop rotation, soil fumigation and granular nematicides. *Neth. J. Pl. Path.* 94, 113-122.

Mulder, A. en Roosjen, Js., 1989. Ontwikkeling van geïntegreerde bestrijdingssystemen voor de akkerbouw op de noordoostelijke zand- en dalgronden met als doel beperking van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en verbetering van het rendement. Verslag nr. HLB 89-1, SIO voor de Akkerbouw op zand- en veenkoloniale grond in Middenoost- en Noordoost Nederland, Assen, 23 pp.

Roosjen Js. en Mulder, A., 1985. Onderzoek naar het effect van aantasting door het aardappelcysteet (a.c.a.) op de opbrengst van fabrieksaardappelen. St. Interprovinciaal Onderzoekcentrum voor de Akkerbouw op zand- en veenkoloniale grond in Middenoost- en Noordoost-Nederland, p. 167-171.

Schippers, B., Bakker, A.W., Bakker, P.A.H.M., 1987. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere micro organisms and the effect of cropping practices. *Annual Review of Phytopathology* 25, 339-358.

Scholte, K., 1987a. Relationship between cropping frequency, root rot and yield of silage maize on sandy soils. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 35, 473-486.

Scholte, K., 1987b. The effect of crop rotation and granular nematicides on the incidence of *Rhizoctonia solani* in potato. *Potato Research* 30, 187-199.

Scholte, K., 1989. The effect of netted scab (*Streptomyces* spp.) and *Verticillium dahliae* on growth and yield of potato. *Potato research* 32, 65-73.



Scholte, K., Veenbaas-Rijks, J.W. en Labruyere, R.E., 1985. Potato growing in short rotations and the effect of *Streptomyces spp.*, *Colletotrichum coccodes*, *Fusarium tabacinum* and *Verticillium dahliae* on plant growth and tuber yield. Potato Research 28, 331-348.

Schröder, J., 1986. Consequences of continuous cropping of maize. In Continuous maize cropping, werkgroep maïs, NGC, Wageningen, p.29-42.

Schröder, J., Ebskamp, A.G.M. en Scholte K., 1989. Wortelverbruining bij snijmaïs. PAGV-verslag 93, Lelystad, in druk.

Velema, R. en Boerma, M., 1988. Onderzoek naar het effect van de hoogte van de populatie van het aardappelcysteeltje op de opbrengst van fabrieksaardappelen. In Onderzoek 1987, Stichting Interprovinciaal Onderzoekcentrum voor de Akkerbouw op zand- en veenkoloniale grond in Middenoost- en Noordoost-Nederland.

Wander, J.G.N., Lamers J.G., Hoekstra, O. en Alblas J., 1989. Voorvruchteffect peulvruchten voor aardappelen (RH1173). In Resultaten van het landbouwkundig onderzoek in Zuidwest-Nederland 1988, Proefboerderij Rusthoeve en Westmaas, p. 36-39.

**Bijlage 1.** Een overzicht van de bouwplannen op het vruchtwisselingsproefveld van De Schreef, gesitueerd op kleigrond te Dronten. Projectleider O. Hoekstra.

| aandeel<br>hakvruchten | code<br>bouwplan | bouwplannen                                     | grond-<br>ontsmetting |
|------------------------|------------------|---|-----------------------|
| geen hakvruchten       | 1                | w.tarwe-vlas-grasz.*-koolz.-z.gerst*-gr.erwt.   | -                     |
| 1/6 hakvruchten        | 2a               | w.tarwe-vlas-grasz.*-aard.z.gerst*-gr.erwt.     | -                     |
|                        | 2b               | w.tarwe-vlas-grasz.*-s.bieten-z.gerst*-gr.erwt. | -                     |
|                        | 3a               | w.tarwe-vlas*-s.bieten-z.gerst-gr.erwt.*-aard.  | -                     |
|                        | 3b               | aard.-z.gerst-luzerne                           | - en +                |
| 2/6 hakvruchten        | 3c               | aard.-z.gerst-grasz.*                           | - en +                |
|                        | 3d               | s.bieten-z.gerst-grasz.*                        | -                     |
| 3/6 hakvruchten        | 4a               | z.gerst*-aard.-w.tarw*-s.bieten                 | -                     |
|                        | 4b               | z.gerst*-aard.-grasz.-s.bieten                  | -                     |
| 4/6 hakvruchten        | 5a               | aard.-s.bieten-z.gerst*                         | - en +                |
|                        | 5b               | aard.-grasz.*-s.bieten                          | - en +                |
| 2/6 hakvruchten        | 6a               | kunstw.-aard.-s.bieten-gr.erwt.*-haver-w.tarwe  | -                     |
|                        | 6b               | kunstw.-kunstw.-aard.-s.bieten-gr.erwt.-w.tarwe | -                     |
|                        | 6c               | kunstw.-kunstw.-aard.-s.bieten-z.gerst          | -                     |
| beëindigd in 1980      |                  |   |                       |

\* betekent: groenbemesting (Ital. raaigras na w.tarwe, z.gerst, erwten en graszaad; witte klaver na vlas)

**Bijlage 2.** De varianten in de vruchtwisselingsproef PAGV1 gesitueerd op zware zavelgrond te Lelystad. Projectleider J.G. Lamers.

| code | bouwplan                                   | hoofdgrondbewerking <sup>a</sup>  | champost<br>20 ton/ha/jaar | grond<br>ontsmetting <sup>b</sup> |
|------|--|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 3P   | sulkerbieten-wintertarwe-<br>c.aardappelen | ploegen-ploegen-cultiva-<br>teren | geen                       | geen                              |
| 2P+  | suikerbieten-aardappelen                   | ploegen-cultivateren              | wel                        | wel                               |
| 2P   | suikerbieten-aardappelen                   | ploegen-cultivateren              | geen                       | wel                               |
| 2R+  | suikerbieten-aardappelen                   | rijbanen (cultivateren)           | wel                        | wel                               |
| 2R   | suikerbieten-aardappelen                   | rijbanen (cultivateren)           | geen                       | wel                               |
| 2C+  | sulkerbieten-aardappelen                   | cultivateren-cultivateren         | wel                        | wel                               |
| 2C   | suikerbieten-aardappelen                   | cultivateren-cultivateren         | geen                       | wel                               |
| 1P   | continu suikerbieten                       | ploegen                           | wel                        | wel                               |
| 1P-  | continu suikerbieten                       | ploegen                           | wel                        | geen                              |
| 1C   | continu aardappelen                        | cultivateren                      | wel                        | wel                               |

a) na aardappelen altijd cultivateren

b) grondontsmetting met 330 l metam-natrium per ha elke twee jaar na aardappelen

c) grasgroenbemesting na wintertarwe

**Bijlage 3.** De bouwplannen in de vruchtwisselingsproef WS 265 te Westmaas, zware zavelgrond. Projectleider H.P. Versluis.

| code | bouwplan                        | grondontsmetting |
|------|---------------------------------|------------------|
| A    | aard.-w.tarwe-s.bieten-w.tarwe* | -                |
| B    | aard.-w.tarwe-s.bieten-w.tarwe* | +                |
| C    | aard.-s.bieten-w.tarwe*         | -                |
| D    | aard.-s.bieten-w.tarwe*         | +                |
| E    | aard.-s.bieten                  | +                |

+\* grasgroenbemester

**Literatuur:**

Vergelijking van gewasrotaties (WS 265), 1986-1989. In Resultaten van het Landbouwkundig Onderzoek in Zuidwest-Nederland, 1985, 1986, 1987 en 1988.

**Bijlage 4.** De bouwplannen in de vruchtwisselingsproef FH 82, gelegen op zavelgrond te Kloosterburen. Projectleider H. Floot.

| code  | bouwplan                        | grondontsmetting |
|-------|---------------------------------|------------------|
| IV A  | aard.-w.tarwe-s.bieten-w.tarwe* | -                |
| IV B  | aard.-w.tarwe-s.bieten-w.tarwe* | +                |
| III A | aard.-s.bieten-w.tarwe*         | -                |
| III B | aard.-s.bieten-w.tarwe*         | +                |
| II B  | aard.-s.bieten                  | +                |

\* grasgroenbemesting

**Literatuur**

Vruchtwisselingsonderzoek, FH 82, 1986. Proefveldverslag 1985 voor de klei-akkerbouw in Groningen en Friesland.

**Bijlage 5.** De bouwplannen in de vruchtwisselingsproef AGM 600 gelegen op dalgrond te Emmercompascuum. Alle bouwplannen worden maximaal ontsmet. Projectleider K. Wijnholds.

| code | bouwplan   |
|------|--|
| A    | aard.-w.tarwe-s.bieten-haver                     |
| A1   | aard.- <u>w.tarwe</u> *-s.bieten- <u>haver</u> * |
| B    | aard.-w.tarwe-s.bieten                           |
| B1   | aard.- <u>w.tarwe</u> *-s.bieten                 |
| C    | aard.-s.bieten-w.tarwe                           |
| C1   | aard.-s.bieten- <u>w.tarwe</u> *                 |
| D    | aard.-s.bieten-aard.-w.tarwe                     |
| D1   | aard.-s.bieten-aard.- <u>w.tarwe</u> *           |
| E    | aard.-aard.-w.tarwe-s.bieten                     |
| F    | aard.-s.bieten                                   |
| F1   | aard.*- <u>s.bieten</u> *                        |
| G    | aard.-w.tarwe                                    |
| G1   | aard.- <u>w.tarwe</u> *                          |
| H    | aard.-aard.                                      |
| H1   | <u>aard.</u> *-aard.*                            |

Bij de gewassen met \* wordt na haver of tarwe een groenbemestingsgewas ingezaaid en blijft het stro achter. Na aardappelen of bieten wordt in dit geval organische stof (rioolslib) naar 2000 kg per ha aangewend.

**Literatuur**

AGM 600. Vruchtwisselingsproject Veenkoloniën, 1986-1989. In onderzoek 1985, 1986, 1987 en 1988. Stichting Interprovinciaal Onderzoekcentrum voor de Akkerbouw op zand- en veenkoloniale grond in Middenoost- en Noordoost-Nederland.

# Het belang van vruchtwisseling in de vollegrondsgroenteteelt

*Th. Huiskamp, PAGV*

## 1. Inleiding

Vruchtwisseling werd vanouds beschouwd als een noodzaak om de bodem in een zodanige conditie te houden, dat over een lange periode gezien steeds goede opbrengsten bereikt konden worden. Het was dé maatregel om allerlei problemen bij de plantenteelt te regelen, zoals voedingsgebreken, structuurkwesties, onkruidschade, ziekten en plagen en onbekende verschijnselen van slechte groei. In de moderne landbouw hebben aanwending van organische mest en kunstmest, cultuurtechnische maatregelen, grondbewerking en (chemische) gewasbeschermingsmiddelen veel van genoemde problemen gereduceerd tot beheersbare teelelementen. Evenwel dient de inzet van bepaalde hulpmiddelen beperkt te worden omdat ze maatschappelijk minder geaccepteerd worden. Ook aspecten van teelttechniek en kosten moeten niet vergeten worden. Daarom blijft vruchtwisseling een (belangrijk) instrument om het hoofd te bieden aan vooral (bodemgebonden) ziekten en plagen. Waar het gaat om schimmels en aaltjes met een brede waardplantenreeks, is de samenstelling van het bouwplan en de wijze waarop de gewassen worden geteeld van belang. Bij obligate pathogenen kan middels rasen gewasrotatie de schade soms aanmerkelijk worden beperkt of voorkomen. Veel kennis en inzicht over deze materie is in de loop der jaren verkregen voor de grote akkerbouwgewassen. Andere (groente)gewassen reageren in principe echter niet anders op teeltfrequentie en gewasrotatie. Ook deze gewassen hebben invloed op de ziektedruk binnen een bedrijf.

In deze bijdrage zal nader worden ingegaan

op de vruchtwisselingsaspecten van vollegrondsgroenten. De veelheid aan groentegewassen maakt het ondoenlijk in te gaan op rol en gedrag van elk afzonderlijk gewas in de vruchtwisseling. Bovendien ontbreekt hiertoe een stuk detailinformatie. Derhalve is gekozen voor een benadering per bedrijfstype waarbinnen een keuze gemaakt is van te behandelen gewassen. Tenslotte spreker we in feite over het bedrijf als het over vruchtwisseling en gewasrotatie handelt.

Vollegrondsgroenten komen op verschillende typen bedrijven voor. Er is echter een tendens tot concentratie van extensieve groentegewassen op het akkerbouwbedrijf en van de intensieve (veiling)groenten op het gespecialiseerde vollegrondsgroentebedrijf. Op deze beide bedrijfstypen wordt momenteel ruim 60% van het totale areaal groenten geteeld.

Uitgaande van deze twee, voor de groenteteelt, belangrijkste bedrijfstypen worden in het vervolg van deze bijdrage de meest geteelde gewassen/gewasgroepen nader besproken. Sommige gewassen komen op beide bedrijfstypen voor. Informatie over dergelijke gewassen, vermeld bij het ene bedrijf, is veelal overdraagbaar naar het andere.

## 2. Het akkerbouwbedrijf met vollegrondsgroenten

Op zoek naar inkomensmogelijkheden buiten het relatief gering aantal traditionele akkerbouwgewassen, bleek de opname van vollegrondsgroentegewassen in het bouwplan een aantrekkelijk alternatief voor diverse akkerbouwbedrijven. De aanwezigheid van een arbeidsoverschot in bepaalde perioden, het aantrekkelijke saldo van groenten

en vooral het feit dat mechanisatie de teelt op akkerbouwmatige schaal mogelijk maakte, vormden de achtergrond van deze ontwikkeling in de laatste decennia.

De groenten waar het in hoofdzaak om gaat zijn ui, peen, witlof, spruitkool, de conservenpeulvruchten erwt, tuinboon en slaboon, knolselderij, spinazie en schorseneer. Voor een belangrijk deel worden deze groenten op contract geteeld. Hoewel in het algemeen de introductie van een groentegewas een vruchtwisselingsverruimend effect zal hebben, kan het ook tot een "vernauwing" van de rotatie leiden. Een bepaalde groep van (verwante) gewassen kan een dusdanig groot aandeel van de rotatie vormen dat het gevolgen krijgt voor het optreden van ziekten, plagen en de fysische en/of chemische bodemvruchtbaarheid. Een dergelijke situatie dreigt in het bijzonder als graan in de rotatie vervangen wordt door groenten.

## **2.1 Teeltfrequentie-effecten van akkerbouwmatig geteelde groenten**

Gewassen hebben invloed op elkaar, maar ook op zichzelf in de zin van teeltfrequentie. Teeltfrequentie-effecten lijken in eerste instantie niet zo van belang bij de groenten die op het akkerbouwbedrijf geteeld worden, omdat in de regel echt hoge teeltfrequenties van de groentegewassen niet aan de orde zijn. Een aantal gewassen heeft echter een dermate slechte zelfverdraagzaamheid, dat reductie van het aantal pauzejaren tot minder dan vier à vijf al leidt tot oncontroleerbare gevolgen. Vrijwel altijd gaat het dan om bodempathogenen en met name schimmelziekten waarvoor geen bestrijdingswijzen voorhanden zijn. Soms is de oorzaak (nog) onbekend.

Peulvruchten vormen zo'n groep van gewassen die gevoelig zijn voor frequente teelt en bovendien nog invloed op elkaar uitoefenen. Het voetziektecomplex, een verzameling van pathogene schimmels (*Fusarium solani*, *Ascochyta pisi*, *Mycosphaerella pinodes*, *Phoma medicaginis* var. *pinodella*, *Thielaviopsis basicola*, *Aphanomyces euteiches*),

is hiervan de oorzaak. Zowel erwt (*Pisum sativum*), tuinboon (*Vicia faba*) als slaboon (*Phaseolus vulgaris*) kunnen door een of meerdere schimmels uit dit complex worden aangetast. Een afdoende bestrijding is niet bekend. Uit onderzoek van P. Oyarzun bleek dat er slechts een geringe relatie tussen teeltfrequentie en het optreden van voetziekte bestaat. Soms levert een korte teelpauze geen enkel probleem op, terwijl op andere percelen een groot aantal pauzejaren niet voldoende was om aantasting te voorkomen. Voorzichtigheid is echter geboden bij het roteren van peulvruchten. Het is aan te bevelen niet vaker dan eenmaal per vijf jaar met een peulvrucht op een perceel terug te komen en het lijkt beter om de peulvruchtsoorten af te wisselen. In het bouwplan moeten erwt, tuinboon en slaboon als één gewas beschouwd worden.

De schade die optreedt onder invloed van voetziekten kan vrij aanzienlijk zijn. Bij erwt is zelfs een volledig mislukken van de teelt mogelijk. Er bestaan overigens sterke rasverschillen in gevoeligheid voor voetziekte bij (conserven)erwt. In een proef op het PAGV-proefbedrijf worden sinds 1979 een aantal gewassen, waaronder drie peulvruchten, in continueelt verbouwd. Erwt en tuinboon worden jaarlijks zwaar door voetziekten aangetast. Het wortelstelsel verteert grotendeels, de stikstofknolletjes verliezen al vroegtijdig hun activiteit. Ook komen relatief veel bladrandkevers voor. Slaboon ondervindt voornamelijk last van *Fusarium*-vaatziekte. Hoewel de peulvruchten niet in het conservenstadium maar droog geoogst worden, geven de opbrengsten toch een indicatie van de potentiële dervingen. In de periode 1985-1988 gaven erwt, tuinboon en slaboon gemiddeld respectievelijk 26, 22 en 11 % minder opbrengst in continueelt ten opzichte van teelt in een zesjarige rotatie. Daarbij dient wel opgemerkt dat de schade in de Vicia-boon deels door *Verticillium* (verwelkingsziekte) wordt veroorzaakt en deze ziekte met name schade teweeg brengt in de afrijpende fase van het gewas. In de DDR vond Karch et al. opbrengstdervingen van 15 tot 65 % voor slaboon en 20 % voor

conservenerwt bij continueelt.

Het voornoemde PAGV proefveld toont aan dat er ook gewassen zijn die juist zeer goed zelfverdraagzaam zijn. De zaaiui geeft de laatste jaren in continueelt een opbrengst die gemiddeld slechts 7% (spreiding 0 tot 14%) lager ligt dan bij teelt in zesjarige rotatie. Deze 7% is grotendeels terug te voeren op een teruglopende bodemstructuur en toenemende onkruiddruk. Pathogenen zijn niet waargenomen. Pools en Oost-Duits onderzoek bevestigen deze resultaten. Zowel op zand- als kleigrond bestaat het risico op een besmetting met stengelaaftjes (*Ditylenchus dipsaci*) en witrot (*Sclerotium cepivorum*). Om de kans op besmetting met deze moeilijk te bestrijden pathogenen te verkleinen verdient het aanbeveling toch niet vaker dan eenmaal in de vijf of zes jaar op hetzelfde perceel uien te telen.

De meeste gewassen, waaronder witlof, knolselderij en spruitkool, liggen qua zelfverdraagzaamheid tussen genoemde voorbeelden in. Drie of vier pauzejaren tussen twee teelten zijn in het algemeen voldoende om duidelijke opbrengst- en kwaliteitseffecten te vermijden. Hoge cysteaaftjespopulaties of knolvoet (*Plasmodiophora brassicae*) bij kool kunnen soms reden zijn van gedwongen verlenging van het aantal pauzejaren.

Tot slot van deze paragraaf nog een voorbeeld van een gewas dat (zeer) gevoelig is voor hoge teeltfrequentie, namelijk peen. Vanouds staat peen bekend als een gewas dat gevoelig is voor te nauwe vruchtwisseling. Een PAGV-onderzoek, uitgevoerd op lichte zavelgrond in de NOP in de periode 1981-1988, bevestigt dit nog eens.



Cavity spot in peen, veroorzaakt door *Pythium* spp.

In het onderzoek is gewerkt met fijne peer van het ras Amsterdamse bak. In de veldproef zijn zeven rotaties met elkaar vergeleken. Onder deze zeven was een continueelt peen. Overigens was sprake van een-op-twee teelt, waarbij peen werd afgewisseld met suikerbiet, aardappel, zaaiui, kunstwilde, witlof of spruitkool. Naburige en vergelijkbare praktijkpercelen met vijf of meer pauzejaren voor de peenteelt zijn gebruikt voor aanvullende waarnemingen. Peen geteeld in continueelt bleef gemiddeld 10 ton per ha (10 %) achter in opbrengst bij peen geteeld in tweejarige rotaties (tabel 8). Echter gemeten aan totale opbrengst bleef de peen geteeld in tweejarige rotaties en in continueelt respectievelijk 16 en 23% achter ten opzichte van peen geteeld in rotaties met vijf of meer pauzejaren. Dit ondanks tweejaarlijks uitgevoerde grondontsmetting met dichloorpropeen.

Zowel bij continueelt als tweejarige rotaties was de achteruitgang in kwaliteit van de peen opzienbarend. Voornamelijk cavity spots maar ook korte, kromme en ringerige wortels.

**Tabel 8.** Vruchtwisselingsproefveld met peen op ROC De Waag.  
Totale peenopbrengsten in ton/ha, afhankelijk van teeltfrequentie.

| teeltintensiteit | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | gemiddeld |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| 1 : 1            | 77   | 82   | 82   | 88   | 100  | 60   | 86   | 82        |
| 1 : 2            | 100  | 84   | 88   | 100  | 110  | 65   | 96   | 92        |
| >1 : 5           | -    | 105  | 112  | 115  | -    | 78   | 108  | 104       |



Frequente peenteelt levert een kwalitatief slecht produkt.

en waren hiervan het zichtbare bewijs. De laatste proefjaren was daardoor sprake van een onverkoopbaar produkt.

In de DDR en Denemarken zijn vergelijkbare resultaten geboekt, namelijk opbrengst-reductie en bovenal kwaliteitsverlies bij nauwe rotaties. Het onderzoek in de NOP bracht twee schadeverwekkers aan het licht: in een aantal rotaties de nematode *Paratylenchus bukowinensis* en over het hele proefveld de schimmel *Pythium spp.* (de veroorzaker van cavity spot en mogelijk ook van opbrengst-deriving). Het is onduidelijk of deze pathogenen verantwoordelijk zijn voor alle geconstateerde schade. Diverse (buitenlandse)

onderzoeken leverden telkens andere of onbekende (hoofd)oorzaken op: vrijlevende aaltjes, het peencysteaaltje en diverse (polyfage) schimmels zoals violetwortelrot, zwarte plekkenziekte, sclerotienrot en *Pythium spp.*

## 2.2. Voorvruchteffecten op het akkerbouwbedrijf

De directe voorvrucht heeft invloed op het teeltresultaat van een (groente)gewas.

Zo bleek in het hiervoor beschreven onderzoek naar de teeltfrequentie-effecten bij

**Tabel 9.** Gemiddelde resultaten 1982-1988 van de vruchtwisselingsproef peen op ROC De Waag. Peenopbrengsten in ton/ha, cavity spot aantasting in gewichts-% aangetaste wortelen en visuele beoordeling peenkwaliteit.

| voorvrucht | opbrengst | cavity spot | kwaliteit |
|------------|-----------|-------------|-----------|
| vitlof     | 96        | 21          | 5         |
| tunstweide | 96        | 34          | 4         |
| ii         | 94        | 16          | 6         |
| PEEN       | 82        | 27          | 5         |
| suikerbiet | 90        | 27          | 5         |
| hardappel  | 89        | 26          | 5         |
| spruitkool | 86        | 29          | 4         |

peen (op ROC De Waag) dat ook de voorvrucht invloed heeft op opbrengst en kwaliteit. Uit een oogpunt van kg-opbrengst bleek spruitkool een slechtere voorvrucht dan gemiddeld. De oorzaak is niet bekend, maar moet voor een deel gezocht worden bij het aaltje *Paratylenchus bukowinensis*. Witlof en kunstweide gaven als voorvrucht de hoogste opbrengst. Kunstweide dient echter als minder gewenste voorvrucht te worden bestempeld vanwege de negatieve invloed op de kwaliteit. Toename van de cavity spot aantasting en een (te) ruim stikstofaanbod door mineralisatie van de grasstoppel vormen de waarschijnlijke oorzaken. Na zaaiui werd juist een betere kwaliteit peen geoogst dan gemiddeld; er trad duidelijk minder cavity spot op. Tabel 9 geeft een overzicht van deze resultaten.

Over dit soort voorvrucht/navrucht effecten, zoals bepaald voor peen, waren tot voor kort weinig of geen gegevens bekend voor andere vollegrondsgroenten. In 1982 was dit de aanleiding tot de start van een onderzoek naar de voorvruchteffecten bij inpassing van vollegrondsgroenten in een akkerbouwrotatie.

Op een zavelgrond op het PAGV proefbedrijf zijn van 1983 tot 1988 gegevens verzameld over de voorvruchtwaarde van aardappelen, suikerbieten en (zomer)tarwe voor een zevental groenten, alsook vice versa. Deze groenten waren: tuinboon, conservenerwt, stamslaboon, spruitkool, knolselderij, zaaiui

en witlof. Het onderzoek leverde gegevens op over directe gewas-gewas relaties, onder gelijke condities en zonder de invloed van een (langdurige) rotatie op ziekten, plagen bodemstructuur, etc. Op deze laatste aspecten wordt verderop in deze bijdrage ingegaan.

In de veldproef zijn ziekten en plagen waar mogelijk (en gebruikelijk) bestreden, de bemesting is zoveel mogelijk geoptimaliseerd. In tabel 10 zijn de gemiddelde opbrengstgegevens vermeld van de effecten van de akkerbouw- op de groentegewassen.

Na tarwe brachten tuinbonen gemiddeld circa 7% meer op dan na aardappel of suikerbiet. Ook conservenerwten reageerden op de voorvrucht. Na suikerbiet lag de opbrengst zo'n 5% lager. De voorvrucht had weinig of geen invloed op de stamslabonen. Hetzelfde gold in feite voor spruitkool. Het verschil ten gunste van suikerbiet is geheel toe te kennen aan de resultaten van één proefjaar. Evenals tuinboon bleek ook knolselderij na tarwe een (5%) hogere opbrengst te geven na tarwe.

Suikerbiet had de meeste jaren een negatieve invloed op de beginontwikkeling van zaaiui. Dit leidde meestal tot een minder loofrij gewas. Toch was er slechts in één van de zes proefjaren sprake van een duidelijk lagere opbrengst na deze voorvrucht. De overige jaren waren de verschillen met beide andere voorvruchten nihil.

Bij witlof blijkt de voorvrucht geen duidelijk

**Tabel 10.** Gemiddelde resultaten 1983-1988 van het voorvruchtenonderzoek op het PAGV-proefbedrijf (PAGV 900).

Totaalopbrengsten in ton/ha van enkele vollegrondsgroenten in relatie tot de akkerbouwvoorvrucht.

| gewas           | voorvrucht: | aardappel | suikerbiet | tarwe |
|-----------------|-------------|-----------|------------|-------|
| tuinboon *      |             | 5,5       | 5,4        | 5,8   |
| conservenerwt * |             | 5,8       | 5,5        | 5,8   |
| (stam)slaboon   |             | 12,4      | 12,6       | 12,4  |
| spruitkool      |             | 15,5      | 15,8       | 15,5  |
| knolselderij    |             | 40,1      | 40,7       | 42,7  |
| zaaiui          |             | 64,4      | 63,7       | 64,5  |
| witlof          |             | 31,5      | 33,1       | 31,3  |

\* N.B.: opbrengsten omgerekend naar een hardheid van TM 120



stempel te hebben gedrukt op de wortelopbrengst. De gemiddeld hogere opbrengst na suikerbiet is voornamelijk door één proefjaar bepaald, waarin standdichtheidsverschillen meespeelden. De trekresultaten van geforceerde witlofwortels vertoonden een grote spreiding. De invloed van de voorvrucht leek gering, al waren gemiddeld de resultaten na suikerbiet iets beter.

Overigens is de kwaliteit van de groenten niet of nauwelijks door de voorvrucht beïnvloed.

De resultaten van de akkerbouwgewassen als reactie op de groentevoorvruchten zijn samengevat in tabel 11. Aardappel gaf gemiddeld na knolselderij een iets lagere opbrengst. Na conservenerwt was de opbrengst juist hoger. Suikerbiet bracht na witlof, knolselderij en in mindere mate ook na spruitkool minder op dan gemiddeld. Erwt, slaboon en zaaiui gaven als voorvrucht betere resultaten dan gemiddeld.

De gemiddelde verschillen in tarweopbrengst waren gering. Witlof en knolselderij scoorden echter wederom het laagst.

De oorzaken van de gemeten effecten zijn niet altijd duidelijk. Er is ook geen specifieke studie naar verricht. Pathogenen zijn nauwelijks voorgekomen en veelal (preventief) bestreden. De bemestingstoestand is zoveel mogelijk geoptimaliseerd. Gewasafhankelijke beïnvloeding van de bodemstructuur verklaart een deel van de effecten.

Zo bleek de meeste proefjaren de bodemstructuur na witlof (grof)kluiteriger te zijn dan na de overige groenten. In 1988 kwam dit

heel duidelijk naar voren in een minder vlotte en onregelmatige opkomst van de tarwe en in aanzienlijk meer grondtarra bij aardappelen (ruim 30% ten opzichte van circa 15% na de andere voorvruchten).

Algemeen geldt voor zowel de akkerbouwgroente als de groente-akkerbouw gewasopvolgingen dat er rekening gehouden dient te worden met het feit dat de effecten zoals ze op het proefveld gemeten zijn in de praktijk enigszins anders kunnen liggen. Op het proefveld is onder relatief gunstige omstandigheden gewerkt, opdat de bodemstructuur en daarmee het meerjarige proefveld niet te veel schade zou ondervinden. Op praktijkpercelen komt het echter nogal eens voor dat gewassen als suikerbieten, knolselderij en witlof onder minder fraaie omstandigheden gerooid moeten worden. Dit heeft gevolgen voor het volggewas. Suikerbiet kan zodoende een minder geschikte voorvrucht vormen dan aardappelen en tarwe. En knolselderij zal gemiddeld een minder fraaie bodemstructuur achterlaten dan bijvoorbeeld de peulvruchten.

Ook kan de pathogenensituatie van dien aard zijn dat aardappel of suikerbiet een minder gewenste voorvrucht zijn, ondanks de positieve uitkomsten van dit onderzoek. Zo wordt aardappel een minder geschikte voorvrucht geacht voor witlof. Reden is een eventueel teveel aan stikstof in de bodem en vooral de kans op besmetting met de schimmel *Phytophthora erythroseptica*. Deze kan tijdens de trek voor problemen zorgen.

**Tabel 11.** Gemiddelde resultaten 1984-1988 van het voorvruchtenonderzoek (PAGV 900).

Totaalopbrengsten (ton/ha) van aardappel (knolgewicht), suikerbiet (winbare suikeropbrengst) en zomertarwe (korrelopbrengst bij 16% vocht).

| voorvrucht   | gewas: aardappel | suikerbiet | zomertarwe |
|--------------|------------------|------------|------------|
| uinboon      | 59,7             | 11,5       | 7,4        |
| onservenerwt | 61,2             | 11,8       | 7,5        |
| stamslaboon  | 60,4             | 11,8       | 7,5        |
| spruitkool   | 59,8             | 11,4       | 7,5        |
| knolselderij | 58,8             | 11,3       | 7,3        |
| zaaiui       | 60,0             | 11,8       | 7,5        |
| witlof       | 59,6             | 11,2       | 7,2        |

## 2.3 Het gewas in de akkerbouwrotatie

Voor het wel-lagen van een gewas zijn behalve teeltfrequentie en voorvruchteffecten ook nog het geheel aan gewassen in de rotatie van belang. Zoals eerder opgemerkt kan het opnemen van groenten in de rotatie soms een "vernauwing" van het bouwplan betekenen. De waardplantdichtheid voor bepaalde pathogenen, met name bodemgebonden pathogenen met een al dan niet brede waardplantenreeks, neemt soms toe.

Het bietecysteaaltje (*Heterodere schachtii*) heeft behalve suikerbiet ook kool als waardplant. Bij opname van (spruit)kool in het bouwplan moet hiermee terdege rekening gehouden worden. Suikerbiet en (spruit)kool dienen uit een oogpunt van vruchtwisseling als één gewas gezien te worden. Hetzelfde geldt ten aanzien van het bietecysteaaltje voor kroten en spinazie (zomer- en herfstteelt). Het noordelijk wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne hapla*) vormt mede door de introductie van groentegewassen een groeiend probleem op de lichte gronden. Het aaltje tast praktisch alle dicotyle gewassen aan. Met peen, witlof, schorseneer en erwt worden gewassen in het bouwplan gehaald die mogelijkheden tot vermeerdering van het aaltje bieden en zelf bovendien grote (kwalitatieve) schade kunnen ondervinden. Slechts door ruime vruchtwisseling en voldoende monocotyle gewassen in het bouwplan kan op besmette percelen schade worden voorkomen.



Het noordelijk wortelknobbelaaltje kan veel (kwalitatieve) schade veroorzaken in wortelen .....



.....alsook in schorseneren.

Eveneens op lichte gronden (met name in het z.o.-zandgebied) vormt het geel bietecysteaaltje (*Heterodere trifolii*) een bron van gevaar. Dit aaltje kent behalve bieten, kroot, kool en spinazie ook de peulvruchten (erwt, tuinboon en slaboontje) als waardplant.

Wat betreft de schimmelziekten hebben polyfage soorten als *Sclerotinia sclerotiorum* (sclerotienrot), *Rhizoctonia* (verschillende soorten) en violetwortelrot ook diverse groenten als waardplant. Witlof, peen, knolselderij en slaboontje kunnen forse schade ondervinden van *Sclerotinia scl.* in rotaties met een groot aandeel waardplanten.

In hoofdstuk 2.1 is al gewag gemaakt van het voetziektecomplex bij peulvruchten waardoor erwt, tuinboon en slaboontje in de vruchtwisseling als één gewas gezien moeten worden.



Structuurbederf door de oogst van peen met zware machines.

Ook de fysische bodemvruchtbaarheid moet niet uit het oog verloren worden. Moderne zaai- en oogstechnieken houden voor een aantal teelten, waaronder akkerbouwmatig geteelde groenten, het gebruik van zware machines in. Onder minder gunstige (natte) omstandigheden leidt dit tot schade aan de bodemstructuur. Het rooien van een gewas, laat in het najaar, werkt dit risico in de hand. Hetzelfde geldt voor het, gezien de kwaliteit/oogstrijpheid, dwingend moeten oogsten van (conserven)groenten. Er kan niet gewacht worden tot de grond voldoende is gedroogd.

De combinatie van aardappelen, bieten, bloembollen en groenten (ui, peen, witlof) leidt in extreme situaties tot een bouwplan met 100% rooivruchten en daarmee tot een zeer intensief grondgebruik. Dergelijke bouwplannen komen bijvoorbeeld in het westen van de Noordoostpolder voor. Op ROC De Waag in Creil is in 1985 een onderzoek van start gegaan om na te gaan in hoeverre bouwplannen met een zeer groot aandeel rooivruchten ook op langere termijn te handhaven zijn. De indruk bestaat dat gewassen steeds vaker (gedeeltelijk) mislukken en dat verslechtering van de bodem-

structuur daaraan ten grondslag ligt. Voor het handhaven van een goede bodemstructuur is voldoende aanvoer van organische stof een vereiste. In situaties waar sprake is van intensief grondgebruik kan de keuze tussen een groenbemestingsgewas en na-teelt van bijvoorbeeld peen door het opstellen van een organische stofbalans vergemakkelijkt worden!

### **3. Het (gespecialiseerde) vollegrondsgroenteteeltbedrijf**

Op het vollegrondsgroenteteeltbedrijf hebben zich evenals op het akkerbouwbedrijf belangrijke wijzigingen voorgedaan in de gevoerde gewasrotaties. Deze wijzigingen kenmerken zich door een vergaande specialisatie in een of enkele gewassen. Dit leidt soms tot nauwe rotaties van hetzelfde gewas of eenzelfde groep van gewassen. In extreme situaties kan zelfs sprake zijn van continu-teelt. Voorbeelden hiervan zijn bloemkool, sluitkool, prei, bladgroenten (sla, andijvie). Specialisatie behoeft niet altijd tot problemen te leiden. In geval van landruil of landhuur zijn er meestal voldoende rotatiemogelijkhe-

den op het eigen bedrijf. Voor bepaalde gewassen speelt bovendien nog de teeltgebiedconcentratie (sla rond Breda, prei in midden-Brabant, kool in Noord-Holland) en/of jaarrondeelt (prei, bloemkool). Op gewassen en gewasresten overblijvende schimmels en virussen vormen door deze toeneemende waardplantendichtheid een groter probleem.

### 3.1 Teeltfrequentie-effecten op het groenteteeltbedrijf

Vaak met ondersteuning van de chemische gewasbescherming kunnen en worden diverse groenten met hoge frequentie geteeld. Het is interessant de gevolgen en potentiële risico's hiervan voor een aantal gewassen eens nader te bezien. Als voorbeelden worden kool, sla en prei onder de loupe genomen.

De resultaten die met frequente teelt van kool worden bereikt, zijn sterk afhankelijk van grondsoort en voorkomende pathogenen. Op gronden die gevoelig zijn voor knolvoet (*Plasmodiophora brassicae*) is een zeer ruime vruchtwisseling vereist om ingrijpende opbrengstverliezen te voorkomen. De Bulgaar Surlekow noemt een opbrengstverlies bij sluitkool van 44% bij continue teelt in vergelijking tot ruime rotatie op alluviale zandgrond. De Belgische onderzoekers Benoit & Ceustermans vonden bij spruitkool een afname van de spruitenopbrengst met 21% bij vermindering van het aantal pauzejaren tussen twee koolteelten van vier tot twee. Dat in deze beide onderzoeken sprake moet zijn geweest van relatief geringe (plaatselijke) besmettingen, tonen proeven op een zwaar besmet perceel op ROC Breda aan. Sluitkool, spruitkool en ook bloemkool komen op dit perceel überhaupt niet tot een oogstbaar gewas. Op besmette percelen kan derhalve beter voor jaren van koolteelt worden afgezien. In Weihestephans (W.Dtsl.), op een zware leemgrond (pH 7,2), worden in afwezigheid van knolvoet geheel andere resultaten geboekt. Ten opzichte van twee- en

driejarige rotaties bleef het opbrengstpeil van continue teelt bloemkool na 26 jaar (twee teelten per jaar) nog geheel op peil.

De ervaringen in de koolteeltcentra in Noord-Holland komen overeen met deze resultaten. Frequentie teelt van kool lijkt langdurig mogelijk bij optimale inzet van gewasbescherming, bemesting, bodemverzorging en beregening. Behalve knolvoet kunnen echter vooral aaltjes (kool- en bietecysteaaaltjes) en bodemgebonden schimmels (*Rhizoctonia*, bladvlekkenziekte, vallers) voor schade zorgen in situaties waar kool (zeer) frequent geteeld wordt. Soms wordt hiervan meer schade ondervonden dan verondersteld.

Tot voor kort werd er weinig aandacht besteed aan het voorkomen van biete- en koolcysteaaaltjes in de koolteelt. Uit grondmonsteronderzoek van het BLGG te Oosterbeek (periode april 1984 tot maart 1985) bleek dat in het bloemkoolgebied De Streek op 45% van de onderzochte percelen de besmetting met bietecysteaaaltjes hoger was dan 400 larven per 100 ml grond. Voor het koolcysteaaaltje was dit bij 63% van de onderzochte percelen het geval.

In het sluitkoolgebied De Langedijk waren deze cijfers voor biete- en koolcysteaaaltjes respectievelijk 81% en 6%. Er wordt aangenomen dat bij aantallen van meer dan 400 larven per 100 ml grond opbrengstderving (kwaliteit, sortering) plaats kan vinden. Omdat in oude teeltgebieden vaak een egale dichtheid van aaltjes voorkomt, wordt die opbrengstderving echter niet snel opgemerkt!

Smet vormt de grote zorg bij intensieve teelt van de bladgroenten sla, ijs-sla en andijvie. De kwaal kan worden veroorzaakt door een drielat schimmel, te weten *Sclerotinia* (*S. minor* en *S. sclerotiorum*), smeul (*Botrytis cinerea*) en zwartrot (*Rhizoctonia solani*).

Op lichte grond vormt het wortelknobbelaaltje *Meloidogyne hapla* een potentieel gevaar. In zekere zin verhoogt frequente teelt het optreden van valse meeldauw (*Bremia lactucae*) in sla, bobbelbladvirus in (ijs)s-la en bladvlekkenziekte in andijvie.

In een langjarige veldproef in Weihe-  
phan is continueelt (twee teelten per jaar)  
van sla vergeleken met twee- en driejarige  
rotaties met dit gewas. Al na vier proeffaren  
bleek de opbrengst van sla in continueelt  
hoog significant achter te blijven bij de drie-  
jarige rotatie. Na 21 jaar was de opbrengst-  
derving opgelopen tot 48%. Ook de tweeja-  
rige rotatie bleef toen duidelijk achter bij de  
driejarige rotatie. De opbrengstdepressies  
zijn hoofdzakelijk veroorzaakt door smet.  
De ervaringen op intensieve slateeltbedrij-  
ven in Nederland zijn enerzijds van dezelfde  
strekking. Continueelt van sla leidde tot niet  
in de hand te houden ziekteaantasting.  
Anderzijds zijn er echter ook voorbeelden  
van bedrijven/percelen waar 15 tot 20 jaar  
lang zonder al te grote problemen continu  
sla (drie teelten per jaar) geteeld wordt. De  
gevolgen van intensieve teelt kunnen per-  
ceelsgewijs sterk verschillen.

Afgaande op praktijkervaringen lijken per-  
ceelsafhankelijke reacties ook te gelden  
voor prei. Prei is op zich redelijk zelfver-  
draagzaam. Negen jaar continueelt leverde  
de Bulgaar Chroboczek geen meetbare op-  
brengstreductie op. In Weihestephan vindt  
men zelfs na 26 jaar continueelt geen op-  
brengstverschillen of kwaliteitsverlies ten op-  
zichte van twee- en driejarige rotaties. Uit  
Belgisch onderzoek (Benoit & Ceustermans)  
bleken drie à vier pauzejaren ten goede te  
komen aan de diktegroei van de preischacht  
en daardoor aan het gemiddeld plantge-  
wicht. Een à twee pauzejaren resulteerden  
in een reductie van het gemiddeld plantge-  
wicht met ruim 20% (tabel 12). Omtrent de  
oorzaak verschaffen de vermelde literatuur-

gegevens geen duidelijkheid. Prei kan door  
diverse bladplekkenziekten worden aange-  
tast. Een aantal daarvan kan bij frequente  
teelt in omvang toenemen, en wel papier-  
plekkenziekte (*Phytophthora porri*), purper-  
plekkenziekte (*Alternaria porri*) en Fusarium  
plekkenziekte (*Fusarium culmorum*). Deze  
schimmels blijven namelijk op plantenresten  
of in de grond zelf over. Dit geldt ook voor  
roest (*Puccinia allii*).

Een bijzondere vorm van intensieve teelt en  
bijkomende langdurige nawerking van een  
teelt treffen we aan bij asperge. In tegenstel-  
ling tot eigenlijk alle andere groenten is de  
teeltduur van asperge langjarig en wel zo'n  
10 tot 15 jaar. Teruglopen van de opbrengst  
en dus rendementsverlies luiden het eind  
van een teelt in. Nu is het opmerkelijke dat  
herinplant, ook ruim 20 jaar nadat de eerste  
aspergeteelt beëindigd is, nog problemen  
kan geven. In de aanvangsjaren verloopt de  
groei vaak nog wel redelijk. Zodra de oogst  
begint en er wat van de planten gevegd  
wordt, groeit het gewas zwakker. Zijwortels  
sterven af, er kunnen zelfs planten wegval-  
len en de stengeldikte (hét kwaliteitsaspect  
bij uitstek) loopt terug.

Omtrent de oorza(a)k(en) van deze herin-  
plantproblemen bestaat nog onduidelijkheid.  
Volgens de huidige inzichten spelen toxinen  
uit (afgestorven) wortelresten van asperge  
een rol. Mogelijk in combinatie met pathoge-  
ne bodemschimmels.

Recent heeft het onderzoek hernieuwd aan-  
dacht gekregen in een samenwerkingsver-  
band van LUW, Rikilt, proeftuin "Noord-  
Limburg" en het PAGV.

**Tabel 12.** Invloed van het aantal pauzejaren op enkele oogstparameters bij prei (Benoit & Ceustermans, 1983).

| aantal pauzejaren | % planten met schacht-<br>diameter >3 cm | gemiddeld plantgewicht |      |
|-------------------|--|------------------------|------|
|                   |  | in g                   | in % |
| 4                 | 60                                       | 313                    | 97   |
| 3                 | 54                                       | 322                    | 100  |
| 2                 | 43                                       | 257                    | 80   |
| 1                 | 39                                       | 265                    | 82   |
| 0                 | 34                                       | 237                    | 74   |

Jager, A. de. Uitbreiding groenteteelt op akkerbouwbedrijven staat stil. Vollegrond, 9 september 1988, p. 58-60.

Jorgensen, I. Forskelligt antal ar mellem gulerødder. Meddelse, Statens Planteavlsforsøg (1984) 86 (1778) (Lyngby).

Karch, G. Ergebnisse des Ertragsverlaufs bei einigen Gemüsearten nach zehnjähriger Monokultur und danach eingeschobenen Anbaupausen. Archiv für Gartenbau 35(1988) 12, p. 358-360.

Moel, C.P. de. Bestrijding cysteaaltjes in sluitkool: Vruchtwisseling heeft voorkeur. Vollegrond nr. 3, 3 maart 1988, p. 32-33.

Moel, C.P. de. Invloed van Vydate 10G op de groei en opbrengst van bloemkool, Informatiebundel LVV Vollegrondsgroenten "Spruitkool/bloemkool", 27 april 1988, CAD-AGV (Lelystad).

Oyarzun, P. Verhoging opbrengstzekerheid bij groene erwten. Biotoets voetziekte in groene erwten. PAGV-Verslag (in druk) (Lelystad).

Surlekow, N. Die biologische Selbstverträglichkeit einiger Gemüsearten und Möglichkeiten ihrer Monokultur. Internationale Zeitschrift der Landwirtschaft nr. 1/1972, p. 301-304.

Diverse Teelthandleidingen uitgegeven door het PAGV te Lelystad.

Gewasbeschermingsgids 1987, tiende herziene druk 1987, CAD Gewasbescherming/Plantenziektenkundige Dienst (Wageningen).

Handboek voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de vollegrond 1989. PAGV-Publikatie nr. 47, juni 1989 (Lelystad).

# Vruchtwisseling ter beheersing van schade door aaltjes

*P.W.Th. Maas, IPO*

## 1. Inleiding

Reeds zeer lang is proefondervindelijk bekend dat vruchtwisseling grote effecten heeft op de ontwikkeling en opbrengst van gewassen. De laatste 50 jaar is veel onderzoek verricht om deze vruchtwisselingseffecten te verklaren en te beheersen. Naast tal van andere factoren zijn vooral wortelaaltjes naar voren gekomen als belangrijke oorzaak van vruchtwisselingseffecten. Twee technische ontwikkelingen hebben in belangrijke mate bijgedragen tot het vaststellen hiervan:

- 1) de mogelijkheid om grondontsmetting met een effectieve aaltjesdodende werking toe te passen, waarbij overeenkomstige gewaseffecten werden verkregen als door vruchtwisseling;
- 2) de ontwikkeling van technieken waarmee de populatiedichtheid van de verschillende aaltjessoorten in de grond kan worden bepaald en gevolgd onder invloed van vruchtwisseling.

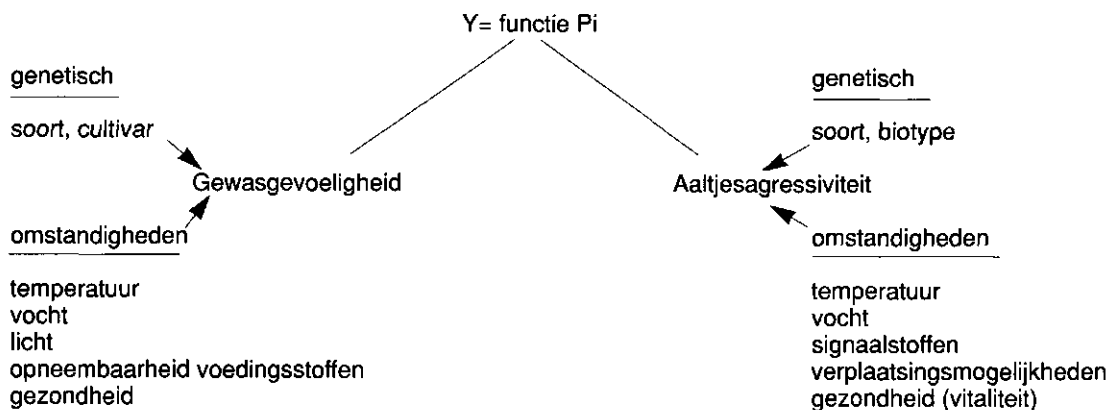
Hierdoor is het mogelijk geworden om kwantitatieve relaties tussen de gewasschade en de populatiedichtheid van aaltjes vast te stellen en tussen de populatiedichtheid van aaltjes vóór en na de teelt van een gewas. Naast de mortaliteit van de aaltjes gedurende de waardgewas-loze perioden, waardoor de populatiedichtheid van de aaltjes afneemt, vormen de genoemde relaties een goede basis om vruchtwisseling ter beheersing van schade door aaltjes gericht toe te passen.

## 2. Schade door plantparasitaire aaltjes

Plantparasitaire aaltjes kunnen zich uitsluitend voeden aan levende plantecellen. Met hun mondstekel doorboren ze de celwand,

injecteren eerst speeksel in de cel en zuigen vervolgens celinhoud op. Bij aantasting door de meest schadelijke aaltjessoorten blijft het effect van het geïnjecteerde speeksel niet beperkt tot de aangeprikte cel maar wordt het functioneren van de gehele wortel, het gehele wortelstelsel of zelfs de gehele plant in meer of mindere mate verstoord. De mate van verstoring is afhankelijk van de gevoeligheid van de waardplant en de agressiviteit van het aaltje. Bij de meeste wortelaantastingen door aaltjes wordt de wortelgroei geremd, waardoor de opname van voedingsstoffen en water wordt verminderd, hetgeen tot uitdrukking komt in groeivertraging. Er ontstaan dwergplanten met droogte- en gebreksverschijnselen zoals noodbloei, vervroegde degeneratie en verhoogde gevoeligheid voor aantasting door andere (bodem)-pathogenen. Het resultaat is een verminderde hoeveelheid, kwaliteit en houdbaarheid van het geoogste produkt. Omdat deze verschijnselen ook door tal van andere oorzaken kunnen ontstaan, is het veelal niet mogelijk om gewassymptomen als maat te gebruiken voor de schade door aaltjes of voor het vaststellen van schadedrempels.

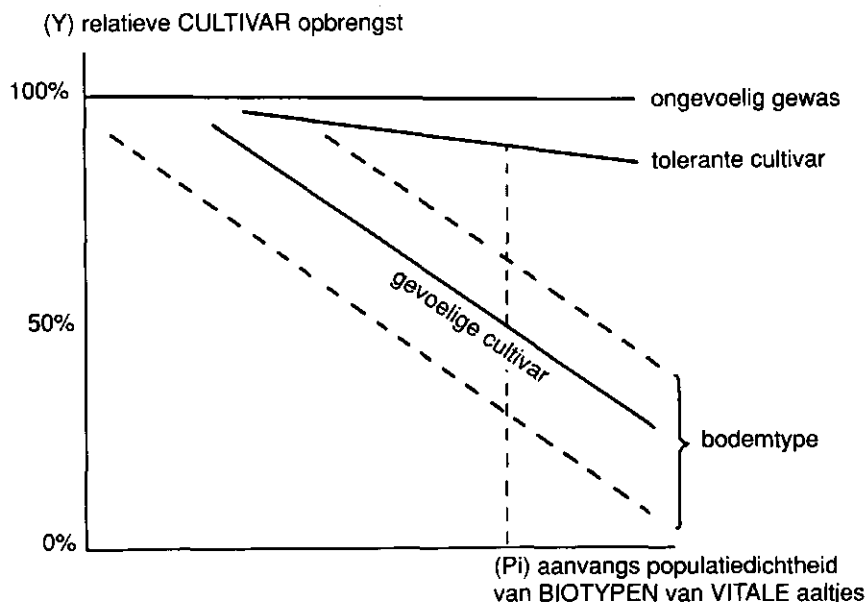
Gewasschade door aaltjes kan wel worden afgeleid uit de kwantitatieve relatie tussen opbrengsvermindering en de populatiedichtheid van de aaltjes die het gewas aantasten. Omdat de groeisnelheid van de populatie van de meeste plantparasitaire aaltjes meestal lager is dan die van (de wortelmassa van) het gewas wordt de schaderelatie in hoge mate bepaald door de hoeveelheid aaltjes die het gewas kort na het zaaien of planten aantast. Deze hoeveelheid is afhankelijk van de populatiedichtheid die aanwezig is vóór het zaaien of planten van het gewas. De gewasschade is dus een functie van de reeds aanwezige aaltjesbesmetting.



**Fig. 2.** Gewasschade als functie van de reeds aanwezige aaltjesbesmetting.

Zoals eerder aangegeven wordt deze functie tussen gewasschade ( $Y$  = relatieve opbrengst ten opzichte van aaltjesvrije teelt) en de aanvangsbesmetting met aaltjes ( $P_i$ ) bepaald door de gevoeligheid van het gewas en de agressiviteit van de aaltjes. Beide zijn afhankelijk van hun respectievelijke genetische eigenschappen, de gewasgevoeligheid, bovendien van de groeiomstandigheden en de aaltjesagressiviteit, en van de

omstandigheden die hun activiteit beïnvloeden. Wat de genetische eigenschappen betreft gaat het dus om de gewassoort en de cultivar enerzijds en de aaltjessoort en het biotype anderzijds. Zowel de gewasgroei als de aaltjesactiviteit worden in sterke mate bepaald door de temperatuur en het vocht. Bij het gewas moeten daaraan het licht en de opneembaarheid van voedingsstoffen worden toegevoegd en bij de aaltjes de door het



**Fig. 3.** Verband tussen de relatieve cultivar opbrengst en de aanvangspopulatiedichtheid van biotypen van vitale aaltjes.



gewas geproduceerde signaalstoffen (bijvoorbeeld lokstoffen) en de verplaatsingsmogelijkheden van de aaltjes in de bodem (textuur). Bovendien geldt dat zowel de gewas- als de aaltjesactiviteit in sterke mate worden beïnvloed door hun gezondheid.

Door de opbrengst te bepalen van gewassen die werden geteeld in grond met verschillende populatiedichtheden van aaltjes, die vooraf werden bepaald of toegevoegd, zijn experimenteel vele kwantitatieve verbanden gevonden tussen gewasschade en de aanvangsbesmetting met aaltjes, waarbij schadedrempels voor de aaltjespopulatiedichtheid kunnen worden aangegeven.

Wanneer nu de teeltomstandigheden voor het gewas worden geoptimaliseerd, zullen temperatuur, vocht, licht, voeding, gezondheidstoestand van het gewas en de productie van lokstoffen voor de aaltjes slechts een beperkte spreiding vertonen binnen een gebied. De gevonden relatie en aangegeven schadedrempels kunnen daardoor een zekere algemene geldigheid krijgen voor de betreffende gewascultivar, biotypen-samenstelling en gezondheidstoestand van de aaltjes in het betreffende bodemtype. Het kwantificeren van de effecten van met name deze vier factoren vraagt nog veel aandacht om gerichte vruchtwisseling ter beheersing van schade door aaltjes optimaal te kunnen benutten.

### **3. Populatiedynamica van plantparasitaire aaltjes**

Aangezien de gewasschade door aaltjes gerelateerd is aan de populatiedichtheid van deze aaltjes, is het belangrijk om na te gaan door welke factoren hun populatie-ontwikkeling wordt bepaald.

Plantparasitaire aaltjes voeden zich uitsluitend aan levende plantecellen van een geschikte waardplant, vervellen een paar keer en produceren eieren waaruit weer jonge aaltjes komen. In ons land bedraagt de generatietijd, van ei tot ei-leggend wijfje, voor de meeste wortelaaltjes in de volle grond vier tot zes weken. Afhankelijk van het be-

schikbare voedsel worden maximaal ongeveer 500 eieren per wijfje geproduceerd. Er zijn aaltjessoorten met uitsluitend wijfjes naast soorten waarbij de verhouding tussen het aantal mannetjes en wijfjes mede wordt bepaald door het beschikbare voedsel. Sommige soorten vormen slechts één generatie per jaar, andere kunnen twee of drie generatie voltooiën afhankelijk van het beschikbare voedsel en de temperatuursom. Om voedselloze of anderszins ongunstige perioden te overbruggen kennen de verschillende aaltjessoorten meer of minder duidelijke ruststadia, die gewekt moeten worden om weer tot activiteit te komen. Zowel bij de inductie van rust als bij het wekken spelen door de waardplant geproduceerde signaalstoffen een meer of minder belangrijke rol. Naar mate, door specialisatie, de waardplantenreeks van een aaltjessoort kleiner is wordt het gedrag ervan sterker bepaald door signaalstoffen van de waardplant. Het gewas heeft dus een dominerende invloed, via signaalstoffen, op de activiteit en als voedselbron op de ontwikkeling van de aaltjespopulatie. In dit opzicht kan een gewas een goede waard zijn voor bepaalde aaltjes die dan, door sterke vermeerdering, een relatief hoge populatiedichtheid kunnen opbouwen. Resistente gewassen bieden weerstand tegen de ontwikkeling van de betreffende aaltjes en onvatbare gewassen zijn geen waard voor de betreffende aaltjes. Vanggewassen daarentegen activeren de aaltjes wel, maar beperken hun ontwikkeling door resistentie of door een te korte groeiperiode voor de ontwikkeling van de aaltjes die dan afsterven.

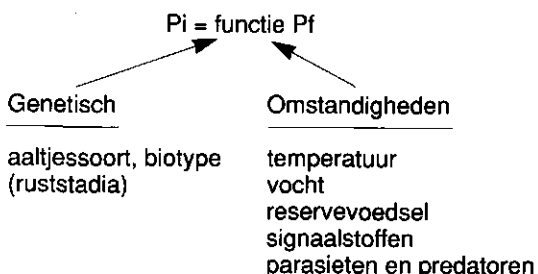
Wanneer de aanvangspopulatiedichtheid van de aaltjes toeneemt wordt de beschikbare hoeveelheid voedsel voor de individuele aaltjes kleiner, waardoor de populatieontwikkeling wordt afgeremd. Deze remming wordt nog versterkt door de afnemende hoeveelheid beschikbaar voedsel als gevolg van de schade die de aaltjes aan de plant toebrengen. De populatiedichtheid van de aaltjes na de teelt van een gewas ( $P_f$ ) is dus een functie van de populatiedichtheid bij de aanvang van de teelt ( $P_i$ ).

Zoals uit het voorgaande volgt, wordt de functie tussen de aaltjesbesmetting vóór ( $P_i$ ) en na ( $P_f$ ) de teelt van het gewas (de vermenigvuldigingsfactor,  $P_f/P_i$ ) bepaald door de waardgeschiktheid van het gewas en het vermogen van de aaltjes om voedsel aan het gewas te kunnen onttrekken en zich te vermeerderen. Ook hier geldt weer dat deze waardplant- en aaltjeseigenschappen afhankelijk zijn van hun respectievelijke genetische samenstelling en de omstandigheden waaronder ze zich ontwikkelen. Wat de genetische eigenschappen betreft gaat het dus om de gewassoort en de resistentie van de cultivar enerzijds en de aaltjessoort en het (resistentie-doorbrekende) pathotype anderzijds. Wat de omstandigheden betreft, geldt ook hier weer dat temperatuur, vocht, licht, voedingstoestand en gezondheid van het gewas onder geoptimaliseerde teeltomstandigheden een beperkte spreiding zullen vertonen binnen een teeltgebied. De gevonden relaties tussen  $P_f$  en  $P_i$  kunnen daardoor weer een zekere algemene geldigheid krijgen voor de betreffende gewascultivar, pathotype-samenstelling en gezondheidstoestand van de aaltjes in het betreffende bodemtype.

Ook hier vraagt het kwantificeren van de effecten van met name deze vier factoren nog

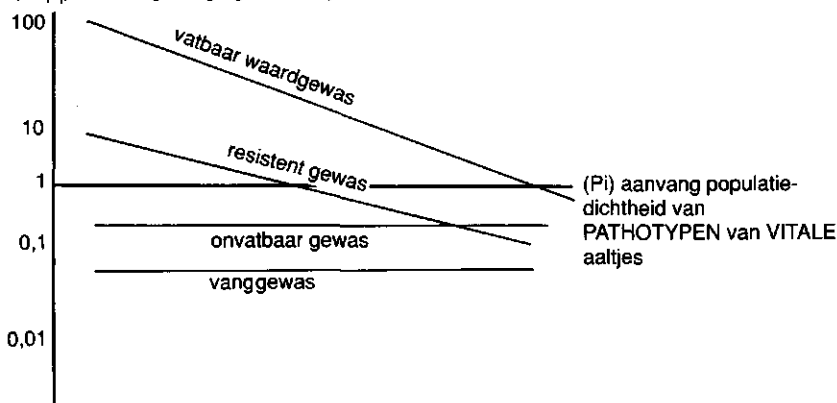
veel aandacht om gerichte vruchtwisseling ter beheersing van de populatieontwikkeling en de daaruit voortvloeiende gewasschade door aaltjes optimaal te kunnen benutten.

Naast de twee boven beschreven relaties wordt de populatieontwikkeling van aaltjes in sterke mate bepaald door de mate waarin de aaltjespopulatie daalt tijdens de waardge-  
was-loze perioden: de winter of gedurende de teelt van onvatbare gewassen. Gesymboliseerd gaat het nu om:



Ook deze functie wordt sterk bepaald door de genetische eigenschappen van de aaltjessoort en het biotype. Het betreft met name het vermogen van de aaltjes om ruststadia te vormen waarin voldoende reserve-energie is opgeslagen, waarvan zo min mo-

( $P_f/P_i$ ) vermenigvuldigingsfactor bij CULTIVAR



**Fig. 4.** Verband tussen de vermenigvuldigingsfactor bij cultivar en de aanvang populatiedichtheid van pathotypen van vitale aaltjes.

**Tabel 13.** Verband tussen vermenigvuldigingsfactor, doding en natuurlijke afsterving van aaltjes zonder toename van de populatiedichtheid.

| vermenigvuldigings-<br>factor | benodigde<br>doding (%) | benodigd aantal jaren met |                |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------|
|                               |                         | 30% afsterving            | 70% afsterving |
| 100                           | 99                      | 12                        | 4              |
| 50                            | 98                      | 11                        | 3              |
| 25                            | 96                      | 9                         | 2              |
| 10                            | 90                      | 7                         | 2              |
| 5                             | 80                      | 5                         | 1              |

gelijk wordt verbruikt en dat zo goed mogelijk beschermd is tegen parasieten en predatoren.

Dat vrijwel alle aaltjessoorten in staat zijn om meer of minder duidelijke ruststadia te vormen is wel bekend en blijkt uit het feit dat de aaltjes zich steeds weer ontwikkelen bij teelt van een waardgewas nadat het besmette perceel vele jaren vrij is gebleven van waardplanten. Over de factoren die de vorming van ruststadia bij aaltjes induceren en in rust houden is nog slechts weinig bekend. Naast temperatuur en vocht spelen door de waardplant of anderszins geproduceerde signaalstoffen hierbij een rol. Hetzelfde geldt voor het activeren van de ruststadia van aaltjes. Met name bij enkele cysteaaftjes is het effect van door de waardplant geproduceerde wekstoffen goed onderzocht. De wekstof voor aardappelcysteaaftjes is in poedervorm beschikbaar en van die voor sojacysteaaftjes is de samenstelling vrij nauwkeurig bekend. Bij het haverzysteaaftje lijkt geen door de waardplant geproduceerde wekstof nodig te zijn maar worden een groot deel van de in rust verkerende eieren in de cysten geactiveerd door stijging van de temperatuur in het voorjaar.

De laatste jaren zijn veel parasieten en predatoren van aaltjes ontdekt met soms duidelijke effecten op de populatieontwikkeling van aaltjes. Over de omstandigheden waaronder ze de aaltjespopulatie effectief kunnen verminderen is echter nog onvoldoende bekend om er gebruik van te kunnen maken bij vruchtwisseling. Het zou interessant kunnen zijn om gewassen of teeltsystemen te ontwikkelen die de activiteit van aaltjes para-

sieten en -predatoren bevorderen. In tabel 13 wordt het belangrijke effect van de persistentie, of het omgekeerde daarvan, de natuurlijke afsterving van de aaltjes tijdens een waardgewas-loze periode op eenvoudige wijze geïllustreerd.

#### 4. Eigenschappen van aaltjes en gewassen bij vruchtwisseling

Bij vruchtwisseling wordt beoogd om de populatie-ontwikkeling van aaltjes door opeenvolgende teelten van onvatbare, vatbare, resistente gewassen en vanggewassen zodanig te beheersen dat deze beneden de schadedrempel blijft voor gevoelige en tolerante gewassen. Zoals in het voorgaande werd beschreven is het belangrijk om hierbij een aantal eigenschappen van de aaltjes in beschouwing te nemen:

- vermeerderingscapaciteit (generatieduur, aantal generaties);
- persistentie gedurende waardgewas-loze perioden;
- waardplantenreeks (gewassen, resistente cultivars, onkruiden).

Naast stengelaaltjes die niet de wortels, maar bollen, knollen, stengels, bladeren, bloemen en zaad aantasten, wordt in de Nederlandse akkerbouw en groenteteelt in de vollegrond vooral schade veroorzaakt door een 15-tal wortelaaltjes die zich overwegend aan of in de wortels van waardgewassen voeden. In tabel 14 zijn de belangrijkste eigenschappen van de belangrijkste aaltjessoorten met betrekking tot vruchtwisseling in de vollegrond samengevat.

Seinhorst, J.W. 1981. Achtergronden van aaltjesbestrijding (2). Voorkómen van opbrengstvermindering door aaltjesaantasting. *Bedrijfsontwikkeling* 12: 733-740.

Seinhorst, J.W. 1982. Achtergronden van aaltjesbestrijding (3). Economische aspecten van vruchtwisseling en chemische bestrijding. *Bedrijfsontwikkeling* 13: 494-500.

Smelt, J.H. 1986. Toepassingsmethoden, verspreiding en afbraak van bodembehandelingsmiddelen. In: *Agriben Kongres Grondontsmetting nu en in de toekomst*: 12-14.

# Plantpathogene bodemschimmels en vruchtwisseling

G. Dijst, IPO

## 1. Inleiding

Onze vollegrondsgewassen kunnen op verschillende wijzen aangetast worden door vele soorten schimmels. De planten kunnen besmet raken via zaadoverdracht, via infectie vanuit de lucht en vanuit de bodem. In dit artikel staat de bodemgezondheid centraal en daarmee alleen die schade, welke het gevolg is van infecties vanuit de bodem.

Plantpathogene bodemschimmels leven en overleven voornamelijk in de grond en infecteren van daaruit de plant. Nu de zorg voor ons milieu eist dat we de chemische bestrijding beperken, zien we om naar niet-chemische methoden voor een geïntegreerde ziektebeheersing. Een cultuurmaatregel als vruchtwisseling beïnvloedt de bodemgesteldheid en daarmee de kans op infectie vanuit de grond. Met recht wordt vruchtwisseling dus onderzocht als potentiële beheersmethode tegen pathogene bodemschimmels. Het bekende vruchtwisselingseffecten worden besproken door Huiskamp (1989), Smits (1989) en Maenhout (1981). Dit artikel probeert de oorzaken van die effecten wat meer te 'doorgronden' in relatie tot pathogene bodemschimmels.

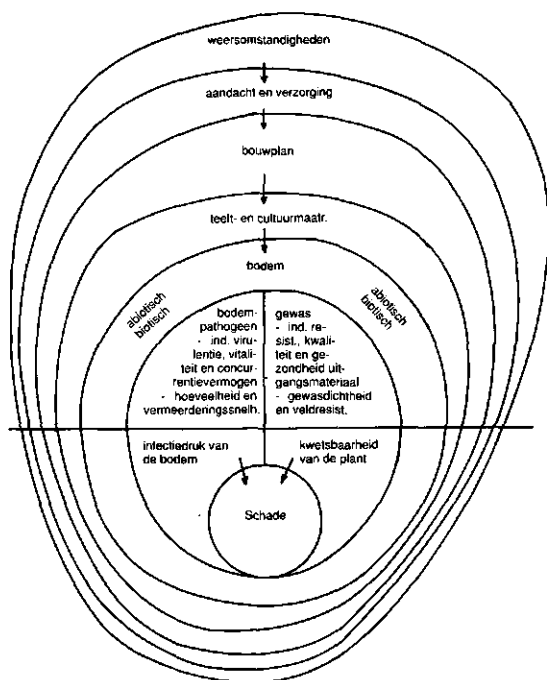
Schade ontstaat als een gewas kwetsbaar is in de initiële infectiedruk hoog genoeg is. Gewaspauzes en gewascombinaties kunnen de bodemgesteldheid verbeteren. Daarmee verminderen ze de algehele kwetsbaarheid van de plant voor ziekten. Rotatie kan ook de infectiedruk in de bodem verminderen door de populatiedichtheid en de vitaliteit van het pathogeen te verlagen en die van zijn vijanden te verhogen.

Om de kans op schade vanuit de bodem te classificeren zijn meetmethoden nodig. Kennis over de ecologie en daarmee te ontwikkelen schadedrempels zijn nodig om de ef-

fectiviteit van een gewasrotatie als beheersmaatregel in te schatten. Die instrumenten ontbreken nog voor de meeste bodemschimmels door hun ingewikkelde levenswijzen. Bij de bodemschimmels onderscheiden we qua levenswijze twee groepen. Allereerst zijn daar de bodemschimmels die net als de nematoden obligaat parasitair zijn. Hier wordt de schade sterk bepaald door hun initiële populatiedichtheid en door de vatbaarheid van de plant (Maas, 1989). Vruchtwisseling kan hun populatiedichtheid verlagen via uitputting met een waardplantloze periode of door ze weg te vangen.

De tweede groep bodemschimmels zijn niet-obligate saprofyten die in de grond allerlei dood materiaal benutten. Hun populatiedichtheid kan opeens enorm toenemen. Daarom zijn schaderelaties hier veel lastiger te bepalen. Vruchtwisseling kan hier indirect, via de keuze van de teelt en de daarbij behorende teeltmaatregelen, proberen om een minder kwetsbaar gewas te realiseren en om vermeerdering van het pathogeen en infectie te vermijden. Saprofyten zijn actief betrokken bij de strijd van peuzelen en gepeuzeld worden, van concurrentie om voedsel in de grond. Gewasrotaties die voedselbronnen verwijderen en natuurlijke vijanden bevorderen, zouden dus de infectiedruk kunnen beperken.

Het eindeffect van een rotatie hangt dus af van de ecologie van de pathogene bodemschimmel in afhankelijkheid van het type grond, gewas, cultuurmaatregelen, andere bodemorganismen en het klimaat. Er zijn al veel gegevens maar de informatie over de samenhang tussen die gegevens vertoont nog veel leemten. Onderzoek op dat gebied, bodemreceptiviteitsonderzoek, is langdurig en staat nog in de kinderschoenen. Dit artikel probeert informatie over pathogene bodemschimmels zo te ordenen, dat het kan helpen om gewasrotaties verder te ontwikkelen.



**Fig. 5.** De factoren die bepalend zijn voor gewasaantasting vanuit de grond en hun onderlinge afhankelijkheid.

## 2. Leefmilieu en ziekten, patiënt en therapie

### 2.1 De bodem

#### 2.1.1. Werkterrein en leefmilieu

De zorg voor de bodem is van primair belang. Door de jaren heen is de bodem de continue factor die de produktie op een perceel bepaalt. De chemisch-fysische (abiotische) bodemgesteldheid kan verzorgd worden met mechanische middelen en via bemesting. Maar die middelen zijn niet toereikend om de biologische (biotische) bodemgesteldheid te verzorgen.

Vruchtwisseling heeft een verzorgend effect op zowel de abiotische als op de biotische bodemgesteldheid. Elk gewas beïnvloedt op

eigen wijze de chemisch-fysische (abiotische) gesteldheid van een bodem: de structuur (zuurstof- en waterhuishouding), de zuurgraad, de voedingstoestand en het organische-stofgehalte. Afwisselend grondgebruik kan structuurbederf en uitputting van de grond voorkomen.

De gewassen beïnvloeden ook de samenleving van organismen in de bodem. Vruchtwisseling kan zo de heterogeniteit van de bodemsamenleving verzorgen. Of vruchtwisseling daarmee de kans op ziekte vanuit de grond voldoende beperkt, hangt vooral af van het type ziekte en de plaatselijke bodemsamenleving. De plaatselijke verhoudingen tussen de populatiedichtheden van pathogenen en hun vijanden kunnen door een gewas veranderen. Daartoe is onderzoek nodig naar de ecosystemen om gronden te classificeren naar hun ontvankelijkheid (receptiviteit) voor bodemziekte. Dergelijk onderzoek wordt uitgevoerd op het IPO. Voor elke bodemziekte moet per 'grondklasse' bekeken worden of de aard en de lengte van een rotatie voldoende zijn om de infectiedruk laag te houden.

### 2.2 De ziekten waartegen vruchtwisseling kan helpen

- Vruchtwisseling kan de populatiedichtheid van bodempathogenen verlagen en toename ervan voorkomen. Daarmee kan de schade bestrijden die afhangt van de initiële populatiedichtheid in de grond aan het begin van de teelt.
- Via de verbetering van de bodemgesteldheid kan vruchtwisseling de algemene weerstand van de plant verbeteren. Daarmee verlaagt het de kans op schade als gevolg van verminderde specifieke weerstandsmechanismen of 'zwakteparasitisme' bijvoorbeeld door *Fusarium* of *Pythium*.
- Vruchtwisseling kan vooral bestrijden werken tegen die schimmelziekten waartoe de bodem de belangrijkste infectiebron

en niet zaad of sporen uit de lucht. De populatiedichtheid van bijvoorbeeld *Phoma medicaginis* (erwt) neemt in de grond snel af tijdens een gewaspauze, maar is even snel weer terug via het zaad. Gezond uitgangsmateriaal en andere hygiënische maatregelen zijn onmisbare middelen ter bestrijding van bodemziekten, ongeacht vruchtwisseling. Ook bij infectie vanuit de lucht wordt de zin van gewasrotatie twijfelachtig. Volgens Gerlagh (IPO) kan gewasrotatie nog wel op grote percelen helpen tegen *Sclerotinia sclerotiorum*. Sporen uit buurpercelen zouten bij deze ziekte zeer 'verdund' zijn ten opzichte van die uit het eigen perceel en tevens door de randzone van het veld worden opgevangen. Daardoor vermindert een gewaspauze van twee jaar met graan als rotatiegewas de aantasting op grote percelen.

## 2.3 De plant

### 2.3.1 Patiënt en middel

Gewasrotatie kan dus de conditie van de planten verbeteren. Daarmee kunnen alle meer of minder specifieke resistentiemechanismen tegen bepaalde ziekten beter functioneren.

In de rotatiegewassen worden planteresistenties ingezet, te differentiëren op basis van vijf epidemiologische aspecten die bepalend zijn voor de schadedruk van een bepaalde bodemschimmel.

1. Lokresistenties (LR) maken dat die bodemschimmel minder naar de plant toe wordt gelokt. Dit wordt benut in rotaties met onvatbare planten (hoge LR) en vangplanten (lage LR).
2. Infectieresistenties (IR) maken dat die bodemschimmel vanaf het plantoppervlak in mindere mate de plant kan binnendringen en er zich in kan vestigen.
3. Populatie opbouwresistenties (PR) waardoor de plant minder geschikt is voor vermeerdering en overleving van het pathogeen en daarmee voor de instandhouding

van diens populatiedichtheid. Dit wordt in rotatie met vangplanten (hoge PR en lage LR) benut.

4. Schaderesistenties (SR) of -tolerantie waardoor infectie tot minder opbrengstderving leidt.
5. Andere resistenties (AR) waardoor de plant minder kwetsbaar is voor andere conditieverlagende factoren zoals andere pathogenen of overmatige bemesting, droogte.

## 2.4 Vruchtwisseling

### 2.4.1 De therapie en haar vier middelen

Vruchtwisseling kent vier instrumenten die de populatiedichtheid van een bodemschimmel kunnen verlagen:

1. tijd: een gewaspauze tussen waardplanten.  
In afwezigheid van een waardplant vindt een natuurlijke afsterving plaats van alle kwetsbare overlevingsvormen. Het wordt al effectief ingezet tegen een specifiek obligate bodemschimmel *Gaeumannomyces*, de tarwehalmdoder;
2. plant: verschillende rassen en soorten kunnen in een rotatie als vangplant worden gebruikt tegen obligate bodemschimmels met harde persistente ruststructuren. Zo'n plant lokt wel de schimmel uit zijn rust en vermindert zo het aantal van die structuren in de grond, maar hij laat de schimmel geen nieuwe ruststructuren vormen. Het IPO zoekt naar lokplanten voor *Polymyxa*, de overdrager van Rhizomanie in biet. Voor *Plasmodiophora*, de veroorzaker van knolvoet in kool, zijn enkele lok- of vangplanten bekend. Effectief gebruik kan afhangen van de teeltwijze;
3. teeltaspecten in de rotatie.  
Tijdspauze: het hoofdgewas moet niet te snel volgen op een vangplant waarin geen persistente ruststructuren zijn gevormd. De planteresten met nog actief schimmelmateriaal moeten eerst vergaan zijn. Pas dan bestaat de infectiebron in de

grond weer alleen uit de ruststructuren, die immers in aantal verminderd waren door de lokplant. In Frankrijk bleek voor knolvoet in kool (*Plasmiodiophora*) een pauze van zes weken te gering na het vanggewas Engels raaigras.

Groen-oogsten en planteresten verwijderen en vernietigen: vangplanten waarin wel persistente ruststructuren gevormd worden, moeten geoogst worden en hun resten moeten van het veld verwijderd worden liefst voordat de schimmel erin nieuwe ruststructuren vormt. Deze teeltmaatregelen kunnen ingezet worden zowel tegen de polyfage *Verticillium* en *Sclerotinia* in bijvoorbeeld aardappelen en peulvruchten, als ook tegen de oligofaag *Plasmiodiophora* in kool (knolvoet). *Sclerotinia* en *Plasmiodiophora* maken hun ruststructuren in of op plantedelen vanaf ruim voor de oogst tot daarna. Verwijderen van planteresten voorkomt dus dat de bodeminfectiedruk toeneemt. *Verticillium* maakt pas microsclerotia in afstervende plantedelen vlak voor de oogst en soms pas als ze verrotten. Waarschijnlijk zijn hier laat rijpende rassen geschikt in een vangteelt. Groenrooien van aardappelen als hoofdgewas in combinatie van het groen-oogsten van peulvruchten als rotatiegewas zal de infectiedruk aanzienlijk verlagen, mits die planteresten ook direct van het veld verwijderd worden. Groenrooien blijkt al technisch uitvoerbaar bij aardappelen met een goede bestrijding van lakschurft, Phytophthorarat en droogrot of Gangreen door Phoma (IPO en IMAG). Maar de verwijdering en vernietiging van de planteresten eist nog aandacht. Afvalhopen mogen niet ontstaan omdat die weer een infectiebron kunnen worden. Verbranding en biodegradatie kunnen onderzocht worden;

4. Concurrenten en andere belagers van het pathogeen. Via de plant- en teeltkeuze beïnvloedt vruchtwisseling de populatiedichtheid van de vijanden van het pathogeen en daarmee diens infectiedruk. Bodembewonende schimmels zijn qua populatiedichtheid sterk afhankelijk van

hun belagers in de concurrentieslag om voedsel. Onderzocht moet worden of een voorgewas de concurrenten kan bevorderen en daarmee het pathogeen kan verdrijven. Met name niet of minder pathogene soortgenoten zouden de pathogene kunnen beconcurreren. Hierover zijn onvoldoende gegevens bekend. Onderzoek in binnen- en buitenland richt zich op bodembewoners als *Fusarium*, *Pythium* en *Rhizoctonia*.

### 3. Vruchtwisselingseffecten

#### 3.1 Theoretische mogelijkheden

De overlevingswijze van de pathogene bodemschimmels bepaalt welke vruchtwisselingsmiddelen ingezet kunnen worden ter beheersing van schade vanuit de grond. Bepalend zijn hun waardplantafhankelijkheid en de persistentie of duurzaamheid van hun rustvorm. Daarom ontstaan vier groepen:

1. obligate planteparasitaire bodemschimmels:
  - a. met een weinig persistente vorm van overleving;
  - b. met persistente ruststructuren;
2. niet-obligate bodemschimmels met een saprofytische fase:
  - a. met een weinig persistente rustvorm;
  - b. met persistente ruststructuren.

Daarna is voor de keuze van de rotatiegewassen belangrijk of de schimmel veel dan wel weinig plantesoorten kan benutten voor zijn instandhouding (oligo- of polyfaag is) en in hoeveel planten hij schade veroorzaakt (oligo- of polypathogeen is). Sommige schimmels zijn specifiek parasitair voor een bepaalde groep of familie van planten. Binnen een rotatie moeten voor die schimmels alle leden van die plantengroep beschouwd worden als eenzelfde waardplantgewas, welke wellicht varieert in schadegevoeligheid, maar die altijd bijdraagt aan de instandhouding van de pathogene populatie. *Gaeumannomyces graminis*, de tarwehalm-doder kan bijvoorbeeld prima bestreden wor-



**Tabel 15.** Overlevingseigenschappen van pathogene bodemschimmels en daar tegen in te zetten vruchtwisselingsmiddelen.

| schimmel<br>overlevings-<br>groep <sup>1)</sup> | waardplantafhankelijkheid |                        |                                   | rustvorm          |                            | theoretisch inzetbare vruchtwisselingsmiddelen |                                       |                |                           |                   |
|---|---------------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------------|--|---------------------------------------|----------------|---------------------------|-------------------|
|   | obligaat<br>parasitair    | obligo-pa-<br>thoogeen | populatie-<br>opbouw<br>specifiek | persis-<br>tentie | overle-<br>ving<br>(jaren) | tijd   | lokplant<br>en resis-<br>tente rassen | vang-<br>teelt | veld-<br>resis-<br>tentie | concur-<br>renten |
| 1a  | +                         | +                      | +                                 | -                 | <3                         | +++  |                                       |                |                           | (+)               |
| 1b  | +                         | +                      | +                                 | +                 | >6                         | -  | ++                                    | ++             |                           |                   |
| 2a  | -                         | -                      | -                                 | -                 | <3                         | +  | -                                     | +              |                           | +                 |
| 2b  | -                         | +/-                    | +                                 | -                 | <6                         |  |                                       | ++             | ++                        | ++                |
|   |                           |                        |                                   | +                 | >6                         |  |                                       | ++             | ++                        | ++                |
| 2b*   | -                         | -                      | -                                 | +                 | 3-6                        | +  |                                       | ++             | +                         | ++                |

1) Zie paragraaf 3 voor de betrokken bodemschimmels  
\* = *Sclerotinia*

den door een rotatie als waarin geen monocotyle gewassen of onkruiden op het veld voorkomen. Per 'overlevingsgroep' (1a, 1b, 2a, 2b) zullen nu de inzetbare middelen van vruchtwisseling worden afgewogen. Een samenvatting staat in tabel 15. Detailinformatie over de betrokken bodemschimmels staat vermeld in bijlage 6.

**3.2 Obligate planteparasitaire bodemschimmels**

Deze schimmels hebben levende waardplanten nodig om hun populatie in stand te houden. Als hun waardplant niet geteeld wordt, overleven ze in de bodem als passieve gasten. De eerste paar jaar overleven ze in de resten van hun waardplant totdat die verteerd zijn. Daarna overleven alleen persistente rustsporen vele jaren los in de grond. De kans op schade door obligaten wordt sterk bepaald door de initiële populatiedichtheid van het pathoogeen en de tolerantie van de plant tegen schade. Daarnaast is het weer en de bodem van invloed. De zwerm-sporen van bijvoorbeeld knolvoet of *Polymyxa* hebben vocht nodig om uit de rustspore naar de plant te zwemmen. Verder kunnen bij bijvoorbeeld knolvoet in kool zowel abiotische (hoge pH) als biotische bodemfactoren de ziekte beperken, zelfs bij een zware besmetting van de grond. Ook tegen de tarwe-

halmdoder kan biologische ziektevering ontstaan bij monocultures van graan. Vruchtwisseling kan vooral schade verminderen door de populatiedichtheid van deze obligaten in de grond te beperken. De manier waarop hangt af van hun rustvorm: of die weinig persistent is (3.2.1) of zeer persistent (3.2.2).

**3.2.1 Obligaten met een weinig persistente overlevingsvorm**

Tot deze groep behoren:

- *Gaeumannomyces* de tarwehalmdoder in granen en grassen;
- *Colletotrichum* soorten, elk specifiek voor een gewas: anemoon (krulbladziekte), aardbei en vlas (kanker);
- tien *Phoma* soorten tasten bijna alle gewassen aan.

Elke *Phoma*-soort zijn eigen specifieke groep. Detailinformatie staat in de bijlage. *Colletotrichum* en *Phoma* gaan ook met zaad over. Ze omvatten ook saprofytische soorten (3.2.3) en soorten die niet in grond overleven. Vruchtwisseling kan hun populatiedichtheid in de bodem doen afnemen via gewaspauzes. Tijdens de teelt van niet-vatbare gewassen neemt de populatiedichtheid van obligaten met een kwetsbare rustvorm snel af door natuurlijke afsterving. Hun schimmeldraden vergaan binnen een paar jaar tegelijk met de planteresten. Omdat ze

alleen kunnen leven in waardplanten zal ook het verwijderen van plantresten bij de oogst voorkomen dat de grond opnieuw besmet wordt. Het effect van een gewaspauze kan echter voldoende zijn. Dat blijkt uit de gangbare en effectief gebleken (1:2 tot 3) rotatie van granen met niet-monocotylen ter bestrijding van de tarwehalmdoder in graan. Voorwaarden voor een positief effect van deze middelen zijn:

1. dat de teeltfrequentie zo lang moet zijn dat besmette plantresten verdwenen zijn bij de volgende teelt;
2. voorts moet zaad vrij zijn van *Phoma* en *Colletotrichum*;
3. moeten vatbare onkruiden altijd bestreden worden.

### 3.2.2 Obligaten met persistente ruststructuren

Tot deze groep behoren:

- *Ospidium*, virusvector in aardappel, kool, paprika, peulvruchten, sla en tulp; specifiek per waardplant;
- *Plasmodiophora brassicae* in Cruciferen (knolvoet in kool);
- *Polymyxa*: *P. betae* virusvector in biet (Rhizomanie) en *P. graminis* in graan;
- *Sclerotium* in ui (witrot);
- *Synchytrium* in aardappel (wratziekte).

Deze obligaten leven en vormen hun rustsporen binnenin de resten van hun waardplant. Het verwijderen van gewasresten van het veld bij de oogst zou dus de meest effectieve bestrijding geven. Pas als de plantresten, die toch op het veld achterbleven, zijn vergaan met daarin het nog kwetsbare schimmelmateriaal, pas dan blijven de harde rustsporen los achter. Bijna onverminderd kunnen ze wel 10 jaar overleven.

De kans op schade kan theoretisch aardig geschat worden uit het aantal aanwezige harde ruststructuren in de grond. Voor witrot in ui is dat een gangbare analyse op het Bedrijfslaboratorium te Oosterbeek. Voor bijvoorbeeld knolvoet zijn in Frankrijk biotoetsen ontwikkeld, omdat de sporen zeer klein zijn en zichtbare schade pas optreedt boven

de duizend sporen per gram grond. Een 'gewaspauze' waarin niet-vatbare gewassen geteeld worden voorkomt slechts dat de populatiedichtheid toeneemt. Die neemt echter ook niet af.

Vruchtwisseling kan het aantal ruststructuren in de grond alleen verminderen via vangteelten en teeltmaatregelen in de rotatie. Daarbij kan gebruik gemaakt worden van lokplanten of tolerante rassen, waarin de schimmel geen nieuwe zwermof rustsporen kan vormen (zie ook 2.4). Voor *Plasmodiophora* zijn dergelijke lokplanten bekend. Hun effect is goed voorspelbaar, maar de bedrijfstechnische uitvoerbaarheid is nog onbekend. Voorwaarden voor een positief effect zijn:

- dat resten van besmette vangplanten zonder rustsporen vergaan moeten zijn en resten met rustsporen uit het veld verwijderd moeten zijn voordat het hoofdgewas terugkomt;
- voorts moet het uitgangsmateriaal schoon zijn.

Plantuien mogen geen rammelaars bevatten en de grond waarin planten opgekweekt worden moet bijvoorbeeld vrij zijn van knolvoet.

### 3.3 Niet-obligate bodemschimmels met een saprofytische levensfase

Deze groep bestaat uit actieve bodembewoners die zich ook 'saprofytisch' in stand kunnen houden dat wil zeggen met allerlei dood organisch materiaal. In principe kunnen ze in de grond over de ondergrondse delen van velerlei planten groeien en daar lekstoffen en dode schilfers benutten zonder dat ze die planten aantasten. Qua voedselbenutting zijn ze dus polyfaag. Qua aantasting kent bijna elk van deze schimmels zowel 'oligopathogene' (specifieke) soortgenoten die weinig plantesoorten schade berokkenen, als 'poly-pathogene' soortgenoten, die vele planten kunnen aantasten, maar dat niet altijd hoeven te doen. Dit geldt ook voor bijvoorbeeld *Rhizoctonia solani*, die zo negen verschillende groepen kent. De meeste 'sa-

profyten' kennen ook niet-pathogene sub-populaties. Infectie kan optreden vanuit de bodem, maar ook vanuit zaad, poot- en plantgoed. Door hun saprofytisch vermogen is de persistentie van hun rustvorm iets minder belangrijk voor hun overleving dan bij de obligate parasieten. Bij de 'saprofyten' wordt de kans op infectie minder bepaald door hun initiële populatiedichtheid, maar meer door de gelegenheid die ze krijgen om zich te vermeerderen. Dat kunnen ze namelijk razendsnel als er een geschikte voedingsbron beschikbaar komt, zoals bij de zaai of het uitplanten van waardplanten. Hun kans op vermeerdering en verspreiding is afhankelijk van de concurrentieslag om voedsel. Die wordt bepaald door het competitievermogen van het pathogeen enerzijds en de aanwezigheid van hun natuurlijke vijanden anderzijds. Belangrijke concurrenten zijn niet-pathogene soortgenoten met bijna dezelfde levensbehoeften, die wellicht ook immunisatie in de plant teweeg kunnen brengen. Tegen zowel de 'poly-' als de 'oligo-pathogene' soorten is biologische ziektevering geconstateerd.

Schade wordt niet alleen bepaald door de concurrentieslag om voedsel, maar ook door de omstandigheden die de gelegenheid tot aantasting scheppen, zoals de kwetsbaarheid van het gewas. Veel 'poly-pathogenen' manifesteren zich ook als gelegenheids-snoeper of zwakteparasiet. De bodem, de teelt, teeltmaatregelen en het weer hebben dus een grote invloed.

Vruchtwisseling kan via de keuze van de teelt en de daarbij behorende teeltmaatregelen geleidelijk aan minder kwetsbare gewassen opleveren en de infectiedruk van het pathogeen in de bodem verminderen. Veldresistenties en andere ontsnappingskansen moeten gezocht en benut gaan worden. Gezien hun vermogen tot saprofytisme zal een gewaspauze niet vaak helpen, tenzij de overlevingsvorm zeer kwetsbaar is. Vangteelten kunnen zeker helpen omdat ze niet alleen de nieuwe infectiebron weghalen, maar ook de voedingsbronnen waarmee de oude besmetting zich opnieuw zou kunnen vermeerderen. Daartoe is nog veel eco-

gisch en technisch onderzoek nodig, zoals beschreven in 2.4. Ook moet onderzocht worden hoe vruchtwisseling de natuurlijke vijanden zou kunnen bevoordelen.

### 3.3.1 'Saprofyten' met een weinig persistente overlevingsvorm

Tot deze groep behoren voor ons minder belangrijke ziekten veroorzaakt door de 'poly-pathogene' *Colletotrichum coccoides* (o.a. zwarte pikkel bij aardappel) en enkele 'oligo-pathogene' *Phoma*-soorten, waaronder *P. andina*, quarantaine ziekte in aardappel. Ze overleven niet zo lang in de grond. Het zijn weinig competitieve bodemschimmels waarvan de populatiedichtheid dus sterk beïnvloed kan worden door plaatselijke concurrenten.

Vruchtwisseling zal vermoedelijk de overleving en vermeerdering van het pathogeen aardig kunnen beperken via gewaspauzes en vangteelten en door concurrenten te bevorderen. Voorwaarde is wel dat het zaad vrij is van deze schimmels en dat onkruiden bestreden worden.

### 3.3.2 'Saprofyten' met persistente ruststructuren

Tot deze groep behoren zeer veel schadelijke ziektes als kiemval, voetrot en smet in vele gewassen, veroorzaakt door de schimmels *Aphanomyces*, *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, (*Sclerotinia*), *Stromatinia*, *Thielaviopsis* en *Verticillium*. Door hun persistente rustvorm kunnen ze zeer lang overleven, meestal langer dan zes jaar. Sommige zijn zwakteparasieten. Andere kunnen eventueel als zodanig optreden, maar tasten ook gezonde planten aan. Hoe dan ook, alle zijn saprofyt en dus met een gewaspauze onvoldoende te beheersen (zie ook 2.2).

Vruchtwisseling zal dus met vangteelten of via concurrenten de infectiedruk in de grond moeten proberen te verlagen (zie ook 2.3). Onderzoek naar de uitvoerbaarheid van groen-oogsten en het verwijderen van ge-

wasresten tegen knolvoet is al gaande op het PAGV. Ook ter beheersing van *Sclerotinia*, *Verticillium* bieden vangteelten perspectief, zoals betoogd in 2.4. Die indruk wordt bevestigd door gegevens uit het vruchtwisselingsonderzoek met aardappelen en peulvruchten op 'De Schreef' (Bollen en anderen 1989, LUW; Hoekstra, 1989, PAGV). Groenrooien in aardappelen voorkomt lakschurft (de sclerotiën van *Rhizoctonia solani* AG-3) als de knollen maar in losse grond en apart van stimulerende planteresten afharden (Dijst, 1989; Turkensteen, 1990). Vernietiging van de planteresten eist nog aandacht.

Of vruchtwisseling concurrenten kan bevorderen die onder dezelfde omstandigheden in de grond leven als een pathogeen, zou onderzocht moeten worden. Verminderde schade door *Rhizoctonia* (aardappelen, Jager, IB), *Fusarium*, *Pythium* is al gesignaleerd in gronden waar niet-pathogene populaties overheersten. Het IPO bestudeert dit aspect in haar bodemreceptiviteitsonderzoek met betrekking tot *Rhizoctonia* (Dijst) en voetziekte (o.a. *Fusarium* en *Aphanomyces*) in erwten (Oyarzun).

Het effect van een vruchtwisseling is voor deze groep dus het minst gemakkelijk te voorspellen. Ze is zeker niet los te koppelen van de effecten van andere teeltmaatregelen. Schoon uitgangsmateriaal is vereist.

## 4. Perspectieven

### 4.1 Wat kunnen we ermee

Bovenstaande toont dat er aangrijpingspunten zijn die als beheersmiddel in vruchtwisselingen benut kunnen worden. Tegen de bodemschimmels die net als *Polymyxa* (vector van biete-rhizomanie) en *Plasmodiophora* (knolvoet) obligaat-parasitair zijn (zie 3.2), kan meer gedaan worden met vangteeltmethoden, vangplanten en resistenties in rassen tegen populatie-opbouw en tegen schade. Op het PAGV, CPO en IPO loopt dergelijk onderzoek. Tegen bodemschim-

mels met een saprofytische fase zoals *Sclerotinia* of *Verticillium* bieden vangteelten perspectief (zie 2.4 en 3.3). Tegen bijvoorbeeld *Rhizoctonia* en *Pythium* zouden veldresistenties en bodemconcurrenten benut moeten gaan worden, waarvoor onderzoek nodig is.

De praktijk hoeft in een aantal gevallen niet op dit langdurig onderzoek te wachten, zeker niet wat betreft de obligaat parasitaire ziekteverwekkers. Vangteelten en hun technische uitvoerbaarheid kunnen op het bedrijf bedacht en uitgeprobeerd worden. Dat eist een inzet waarvan de effecten werkelijk pas over meerdere jaren heen zichtbaar worden. Natuurlijk houdt dat risico's in, maar die wegen niet op tegen de risico's van het niets doen, waarbij de biologische bodemgezondheid achteruit gaat. Voorlichting en advies zijn voor de praktijk essentieel om adequate gewascombinaties, teeltfrequentie en teeltmaatregelen te zoeken naar gelang de levenswijze van het pathogeen en de plaatselijke problemen.

Het onderzoek zal meer gegevens moeten verzamelen om duidelijkheid te krijgen over de wijze waarop gewasrotaties schade door bodempathogenen kunnen beheersen. Maar vooral missen we daartoe de kennis over de samenhang tussen alle gegevens. Op bedrijfsniveau zijn bijvoorbeeld vangteelten makkelijk te verzinnen, maar ze moeten technisch en financieel haalbaar zijn of gemaakt worden. Voor een onrendabele vangteelt zal in het begin investeringsruimte geschapen moeten worden, terwijl het later gedekt kan worden door de ontstane kwaliteitsverbetering van het hoofdgewas.

Ook op gewasniveau is systeemonderzoek nodig om inzicht te krijgen in de populatiedynamica van de organismen, veldsresistenties, schaderelaties, schadecedrempels en de invloed die vruchtwisseling daarop heeft. Toetsmethoden moeten ontwikkeld worden om de beginsituatie (de bodeminfectiedruk) in te schatten en de relatie daarvan met de eindsituatie (de schade). Vooral bij de zeer schadelijke saprofytische bodemschimmels is het moeilijk om daar grip te krijgen, gezien de variabiliteit tussen gronden. Daarom is

agro-systeemonderzoek nodig: gezamenlijk ecologisch-, teelt- en veredelingsonderzoek in relatie tot de bodem.

4.2 Bodemreceptiviteitsonderzoek, een ecosysteembenadering

Allereerst moeten we toe naar een onderzoeksmethode die patronen herkent en dus de gegevens van vele praktijkpercelen met elkaar kan verenigen. Het IB en RIN gebruiken dergelijke clustermethodes al voor bodem-ecosysteem-onderzoek. Veldproeven zijn arbeidsintensief en hun resultaten zijn moeilijk te interpreteren als slechts een gering aantal velden bestudeerd wordt. Zo vond Geelen bijvoorbeeld minder schade in biet door *Rhizoctonia solani* AG-2-2 na gerst en maïs (1:3 teelt biet) dan na aardappel (1:2 teelt biet), mogelijk door de bredere rotatie. Echter, uit het nematologische onderzoek van Hofman (1988, LUW) kan geconcludeerd worden dat de daarbij uitgevoerde grondontsmetting evengoed de oorzaak kan

zijn.  
In de tweede plaats weten we veel te weinig over de samenlevingen in de bodems. Geen enkele lap grond is immers hetzelfde, omdat de bodemgesteldheid gevormd is door de teelthistorie. Bij alle bodempathogenen, maar vooral bij de 'saprofyten', kan de schade verschillen tussen gronden die toch in gelijke mate besmet zijn. Dat is bekend voor *Plasmodiophora* (knolvoet) en *Rhizoctonia* in kool en radijs, voetziekten in graan en sperziebonen, verwelking door *Fusarium* in tomaat en kiemval door *Pythium*. Tegen hen zal ziektebeheersing dus meer perceelsafhankelijk benaderd moeten worden. Daarvoor zijn toetsmethoden nodig. Oyarzun ontwikkelde op het PAGV een perceelsafhankelijke biotoets om de kans op voetziekte in erwt in te schatten. Daarbij bleek dat niet alle percelen gebaat zijn met een 1:6 rotatie en dat 1:5 vaak ook kan (figuur 6). De kans op ziekte bleek wel verband te houden met het aantal erwteelten binnen een periode van 18 jaar (figuur 7). Momenteel tracht Oyarzun op het IPO de oorzaken daarvan

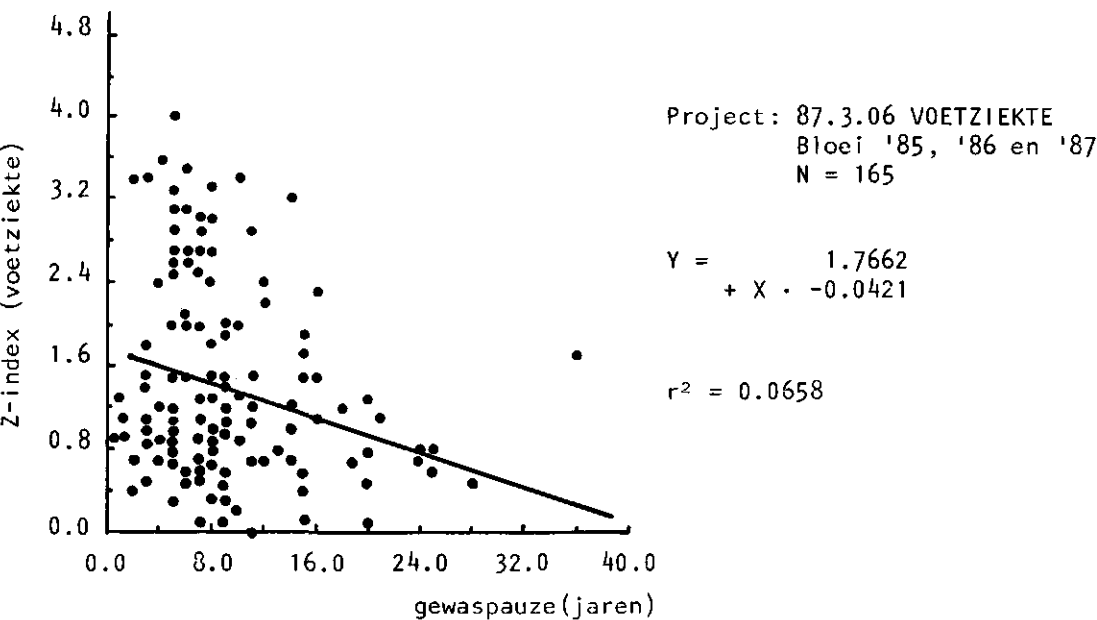


Fig. 6. Invloed van het aantal jaren tussen 2 erwtegewassen op het optreden van voetziekte in '85 t/m '87. (Oyarzun)

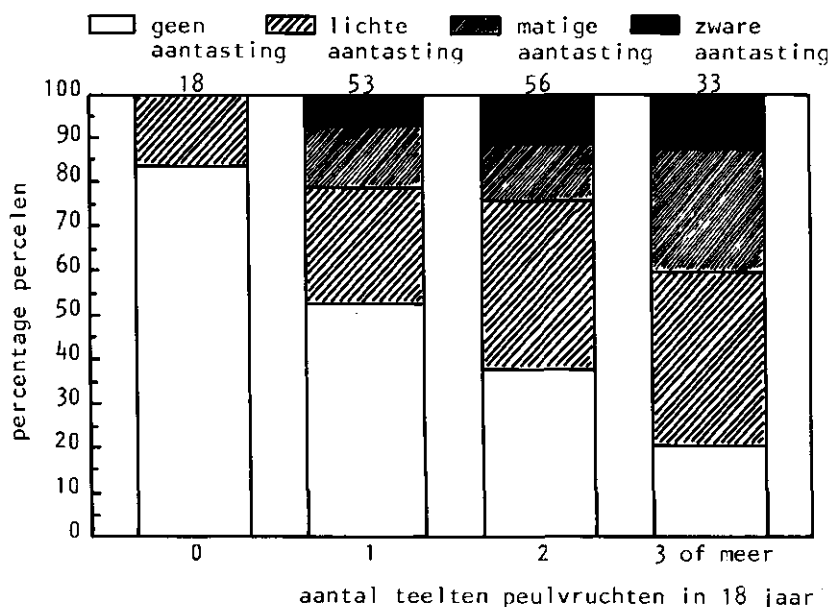
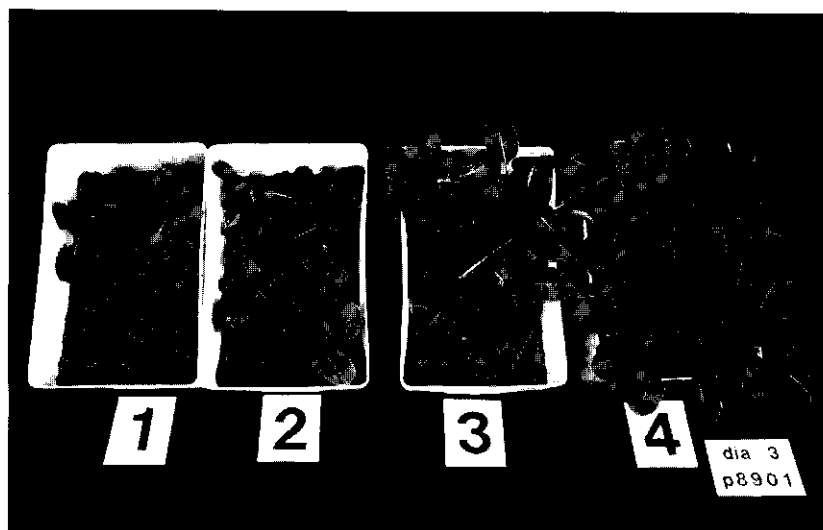


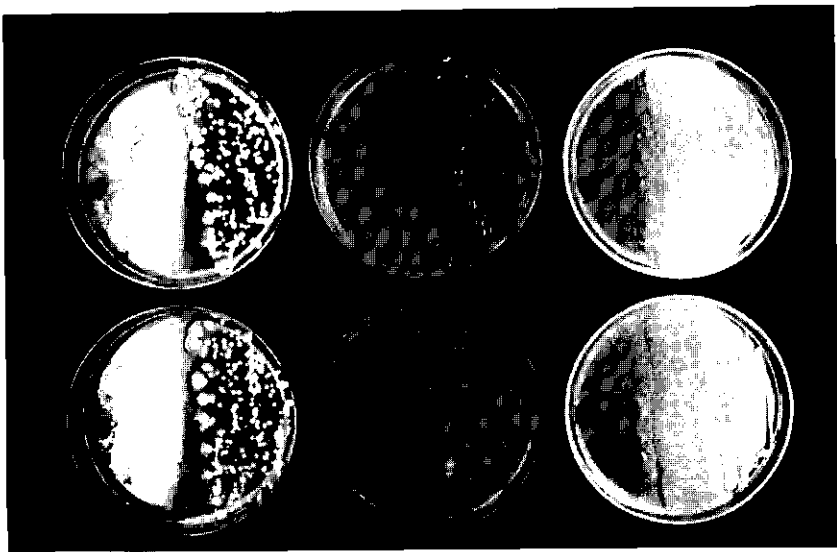
Fig. 7. Teeltfrequentie en voetziekte bij erwt. (Oyarzun)



Wegval van bloemkool zaailingen als gevolg van Zwartpoot, veroorzaakt door *Rhizoctonia Solani* AG 2-1 op een lichte kleigrond (1 en 2) en op een potgrond (3 en 4). Deze praktijkgronden waren onbehandeld gebleven (2 en 4) of voor de zaai in gelijke mate besmet met sclerotiën. (Dijst, 1989)



Voetziekte in erwten op grondmonsters van verschillende percelen (Oyarzun, 1989).



Bodemschimmels op kunstmatige media (linkerkant), die *Rhizoctonia solani* (IRS, geënt aan de rechterkant) antagoneren. Van links naar rechts: *Verticillium biguttatum* die R.s. infecteert en parasiteert. *Trichoderma harzianum* die over R.s. heen groeit en hem afremt en een *Streptomyces* sp. welke de groei van R.s. stopt met remstoffen (Dijst, 1987).

verder te doorgronden.

Vruchtwisseling is een combinatie van middelen die als systeem de kans op schade door bodempathogenen kan beperken. De kans op schade door infecties vanuit de bodem hangt af van het plaatselijke bodemecosysteem welke verschillend is per grond. Om dus toetsmethoden te ontwikkelen die tevoren de invloed van een vruchtwisseling of van andere maatregelen op een bodemziekte kunnen inschatten, is dus systeemonderzoek nodig. Bodemreceptiviteitsonderzoek kan ons hierin helpen. Met cluster-methoden zoekt het naar verbanden tussen de gegevens van zeer veel percelen, waaronder ook de infectiedruk zoals gemeten in perceelsafhankelijke biotoetsen. Per bodemziekte tracht het om gronden te groeperen naar hun mate van ontvankelijkheid (receptiviteit) voor een bodemziekte in afhankelijkheid van grondsoort, teelthistorie en bouwplan. Per grondgroep kan daarmee de kans op ziekte worden ingeschat naar gelang het bouwplan en beheersmaatregelen zoals vruchtwisseling of biologische bestrijdingsmiddelen. In navolging van Frans onderzoek is het IPO daar nu ook mee begonnen (Oyarzun, erwt; Dijst, *Rhizoctonia*). Op de lange termijn moet dit perceelsgericht kunnen aansluiten bij teeltbegeleidingen die op het PAGV in ontwikkeling zijn.

## Literatuur

Anonymus, 1989. Onderzoeksplan taakgroep bouwplanvraagstukken 1989-1993. NRLO-rapport nr. 89 : 17 (tel. 070-793654, Den Haag).

Bollen, G.J., O. Hoekstra, K. Scholte, T.W. Hofman, M.J. Celetti en A. Schirring, 1989? Incidence of soil borne pathogens in potato related to the frequency of potato growing on a clay loam. In press.

Dijst, G., 1989. The effect of haulm destruction and plant pulling on potato black scurf caused by *Rhizoctonia solani* AG-3. Proefschrift Landbouwuniversiteit, Wageningen.

Hoekstra, O., 1989? Results of twenty-four years of crop rotation research at 'De Schreef' experi-

mental site. PAGV, in press.

Hofman, T.W., 1988. Effect of granular nematocides on the infection of potatoes by *Rhizoctonia solani*. Proefschrift Landbouw Universiteit pp. 125.

Maenhout, C.A.A.A., 1981. Vruchtwisseling en bodempathogenen. In: PAGV Themadag Vruchtwisseling 1981, p. 38-48.

Ogoshi, A., 1987. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. Ann. Rev. Phytopathol. 25: 125-43.

Smith, I.M., J. Dunez, D.H. Phillips, R.A. Lelliott and S.A. Archer, 1988. European Handboek of plant diseases. Blackwell Scientific Publications, Oxford etc. 584 pp.

Turkensteen, L.J., A. Bauman en A. Mulder, 1989. Groenrooien en weer toedekken: minder *Rhizoctonia*, *Phoma* en *Phytophthora*. Dossier Gewasbescherming 5: 13-15.

## Bijlage 6

Detailinformatie per pathogene bodemschimmel

### - *Aphanomyces* spp.

Bodemschimmels met een saprofytische fase en zeer persistente rustsporen die meer dan zes jaar in de grond overleven (2b). Twee specifieke oligopathogene soorten:

. *A. euteiches* voetrot in erwt en boon. In de USA verdeeld in de *f.sp. pisi* in erwt en de *f.sp. phaseoli* in boon. De rol bij het voetziekte complex in erwt wordt onderzocht;

. *A. cochlioides*: kiemval in biet in warmere klimaten.

### - *Colletotrichum*

. Enkele soorten zijn obligaat parasitair met een weinig persistente rustvorm welke maar een paar jaar in gewasresten in grond overleeft (1a). Ze overleven ook in zaad en grond. Oligofaag: strikt specifieke



ke soorten richten elk schade aan in een ander gewas: in anemoon (krulbladziekte), aardbei, vlas (kanker), (het buitenland meldt ook graan, gras, maïs, paprika, tabak en ui).

*Colletotrichum coccodes*. Dit is een bodemschimmel met een saprofytische fase maar met weinig persistente sclerotia die niet veel jaren overleven (2a). Weinig competitief in grond. Schadelijk bij slechte groeiomstandigheden voor de plant. Poly-pathogeen: plantesoorten uit 13 families worden aangetast. Tegen zwarte pikkel bij aardappel zou resistentie zijn.

#### *Fusarium spp.*

Bodemschimmels met een saprofytische fase en zeer persistente rustsporen die vele jaren in grond overleven (2b). Infectie kan ook optreden vanuit zaad of plantgroed. Deze schimmel omvat zeer a-specifieke en zeer specifieke (forma speciales) soorten, die de veroorzakers zijn van vaatverwelking, kankers, voet- en wortel- en bewaarrot in bijzonder veel plantesoorten. Resistente rassen worden ingezet.

Ziektewerende gronden zijn gesignaleerd tegen *F. solani* in Japan, *F. oxysporum f.sp. lycopersici* in Frankrijk. Niet-pathogene populaties kunnen in erwt de aantasting door *F. solani* beperken en in tomaat die van *F. oxysporum*, als ze in de grond maar de overhand hebben. Ze infecteren de plant wel maar bereiken niet het vatenstelsel.

Teeltmaatregelen kunnen soms schade door *F. solani* beperken: inwerking van stro van gerst, lijnzaad, katoenzaad, soja-meel en chitine. Kalk, kalium en nitraatgiften zouden schadebeperkend kunnen zijn tegen *F. oxysporum*. Algemeen voorvrucht-onderzoek leverde nog geen positieve resultaten met betrekking tot *F. culmorum* (poly-pathogeen) en *F. avenaceum* (poly-pathogene zwakteparasiet). In Nederland doet Oyarzun (IPO + NGC) nu bodemreceptiviteitsonderzoek naar voetziekte in erwt (o.a. *F. solani*).

*Gaeumannomyces graminis* halm-doder in

#### Gramineae

Deze schimmel is obligaat parasitair met een weinig persistente rustvorm die maar een paar jaar in gewasresten in grond overleeft (1a). Grond is de enige infectiebron.

Er zijn twee oligofage soorten: *G.g. var. tritici* voor gerst, rogge, tarwe en tritcale en *G.g. var. avenae* voor tarwe en haver. Luchtinfectie met ascosporen is minder belangrijk. Teeltfrequentie 1:3 bestrijdt goed als er geen monocotyle gewassen of onkruiden in de rotatie op het veld komen, met uitzondering van haver. Gerst is minder vatbaar dan tarwe. Ziektewering in grond ontstaat bij monocultuur. Concurrentie door avirulente soorten is grondafhankelijk.

#### - *Olpidium*

Is obligaat parasitair met zeer persistente rustsporen die meer dan zes jaar in grond overleven (1b). Is wel schadelijk maar vooral belangrijk als vector van virusziekten waarbij ook zaad een infectiebron kan zijn. Verschillende oligopathogene soorten veroorzaken elk ziekte in een ander gewas:

1. aardappelen; 2. kool; 3. paprika; 4. peulvruchten; 5. sla; 6. tulp.

Er zijn partieel resistente slarassen.

#### - *Phoma spp.*

Een groot deel van de soorten is obligaat parasitair met een weinig persistente rustvorm die maar een paar jaar in gewasresten in de grond overleeft (1a). Ze overleven ook in zaad. Secundaire infecties via lucht zijn alleen gevaarlijk bij elkaar direct opeenvolgende teelten (bloemkoolstronken verwijderen of onderwerken). Tien oligofage *Phoma* soorten veroorzaken elk schade in een ander gewas:

1. aardappel en enkele onkruiden; 2. aardappel; 3. biet, kroot, spinazie; 4. kool (zaad), radijs; 5. (knol)selderij; 6. schorseneer; 7. witlof; 8. vlinderbloemigen, maar niet klaver; 9. vlinderbloemigen, maar niet lucerne; 10. vlas.

Resistente rassen zijn er in kool en aardappel.

- Enkele soorten zijn bodemschimmels met een saprofytische fase en een weinig persistente rustvorm die minder dan zes jaar in grond overleeft (2a). Ook zaad is een infectiebron. Weinig competitief in grond. Zou (nog?) niet belangrijk in Nederland zijn. *P. andina* in aardappel is een Europese quarantaine-ziekte; andere soorten komen voor in aardappelen, tomaat, aubergine, aardbei en andere vruchten (vruchtrot).
- *P. valerianella* in sla, *P. rostrupii* in peen zijn geen bodemschimmels, ze zouden alleen met zaad overgaan.
- *Plasmodiophora brassicae*, knolvoet in Cruciferen  
Is obligaat parasitair met een zeer persistente rustvorm die meer dan zes jaar in grond overleeft (1b). Treedt op in kool, koolzaad en radijs. De schimmel kent verschillende 'pathotypen', die gemengd aanwezig zijn. Schade varieert nogal afhankelijk van de bodem-pH, plantesoort en de aanwezige pathotypen van de schimmel. Schade ontstaat pas bij populatiedichtheden boven de 1000 rustsporen per gram droge grond en een lage pH. Vangteelten met lokplanten zijn wellicht mogelijk. Verschillende wilde planten lokken de sporen uit hun slaap, raken wel geïnfecteerd, maar laten geen nieuwe rustsporen ontstaan (Engels raaigras, klapproos, welriekende reseda, oostindische kers, witbol, kropaar en floringras). Zo'n vangteelt heeft de bodeminfectiedruk pas werkelijk verlaagd nadat de planteresten vergaan zijn. Een lichte mate van biologische ziekteverring is geconstateerd op percelen in Frankrijk waar al sinds heugenis kool op wordt geteeld en wordt bekalkt.
- *Polymyxa*  
*P. graminis* in graan en *P. betae*, vector van biete-rhizomanie is obligaat parasitair met een zeer persistente rustvorm die meer dan 6 jaar in grond overleeft (1b). Onderzoek wordt gedaan naar vangplanten en de populatiedynamica op het IPO en naar planteresistenties op het SVP.
- *Phytium spp.*  
Bodemschimmels met een saprofytische fase en zeer persistente rustsporen die meer dan zes jaar overleven (2b). Vaak zwakteparasiet. De polyfase soorten veroorzaken kiemval. Ze overleven lang in geringe dichtheden, die razendsnel kunnen toenemen. Ziekteverring in gronden kan veroorzaakt worden door niet-pathogene populaties, concurrenten (*Mucorales*, bosgrond) en plantegroei-helpers (*VAM Pseudomonaden*). Meer specifieke soorten kunnen peen infecteren en pas bij slechte groeiomstandigheden cavity spot veroorzaken. Onderzoek loopt bij LUW, PAGV en IPO.
- *Rhizoctonia spp.*  
Bodemschimmel met een saprofytische fase die soorten en groepen kent met meer en met minder persistente rustvormen; er zijn groepen die met 'sclerotia' meer dan zes jaar kunnen overleven (2b). De 'sclerotia' van *Rhizoctonia* kunnen vele malen kiemen. Het mycelium kan zich bijzonder snel vermeerderen en door de grond groeien.
  1. *R. cerealis*: Scherpe-oogvlekkenziekte in granen en gras.
  2. *R. crocorum*: Violet wortelrot in vele plantesoorten vooral peen, asperge en biet. Verwijderen van planteresten zijn belangrijk. Rol van luchtinfecties?
  3. *R. solani* (*Thanatephorus cucumeris*) Zeer belangrijk. Van deze schimmel is te weinig bekend, dat ze negen anastomose groepen (AG's) omvat. Daarvan tasten sommige een brede reeks planten aan: AG-1 (biet, graan, gras, peulvruchten) en AG-4 (vele plantesoorten o.a. tulp, peulvruchten, als het maar warm is). Andere groepen tasten vooral een beperkte groep planten zwaar aan: AG-2-1 (koolgewassen), AG-2-2 (biet, spinazie, gras, graan) AG-2? (tulp) en AG-3 (aardappel).  
In sommige gronden is ziekteverring kunstmatig opgewekt tegen AG-4, AG-2-1 en AG-2-2 door respectievelijk radijs, kool of biet continue te telen. Niet

pathogene populaties van dezelfde groep en vele andere belagers zouden schade kunnen voorkomen. Ziektevering tegen AG-4 zou afhankelijk zijn van de teelthistorie en alleen te induceren zijn tegen populaties met kleinere propagels (kwetsbaarder?). Concurrentie tussen groepen in aardappel en kool wordt bestudeerd (IB, IPO).

4. *R. fragariae* in aardbei.

5. *R. tuliparum* in iris, hyacint, lelie, narcis en tulp.

#### *Sclerotinia spp.*

Bodenschimmel met een saprofytische fase en persistente sclerotia die meerdere jaren kunnen overleven, maar waarvan het aantal wel tijdens een gewaspauze achteruitgaat als daarin graan geteeld wordt (2b\*). Sclerotia worden vooral in en op dode resten (voedselbron) van de aangetaste planten gevormd; ze kunnen maar een paar keer kiemen. Daaruit ontstaan schimmeldraden met paddestoeltjes die de infectieuze luchtsporen produceren. Vangteelten zouden de infectiedruk in grond kunnen verminderen.

De poly-pathogene *S. sclerotiorum* tast bijna alle gewassen aan. Rotatie met graan kan de bodeminfectiedruk verminderen en is alleen zinnig in grote percelen.

*S. minor* (smet in sla, vellers) tast alleen aan met mycelium vanuit de grond.

*S. gladioli* (*Stromatinia gladioli*) veroorzaakt droogrot in gladiool, crocus, fresia, narcis en andere.

#### *Sclerotium cepivorum*, witrot in ui

Is obligaat parasitair met zeer persistente sclerotia die meer dan zes jaar in grond overleven (1b). De sclerotia kunnen slechts een enkele keer kiemen. Gebruik van gezond plantgoed is essentieel. Grondonderzoek kan het aantal sclerotia in bodemonsters bepalen.

#### *Synchytrium*, wratziekte in aardappel (quarantaine-ziekte)

Is obligaat parasitair met een zeer persistente rustvorm die meer dan zes jaar in

grond overleeft (1b). Er zijn resistente en minder vatbare rassen. Onderzoek naar veldresistentie is gaande (HLB en PD).

#### - *Thielaviopsis*

Bodenschimmel met een saprofytische fase en een zeer persistente rustvorm die meer dan zes jaar kan overleven (2b). Zeer poly-pathogeen. Kan in sperzieboon een van de hoofdpathogenen zijn in het voetziektecomplex.

#### - *Verticillium spp.*

Bodenschimmels met een saprofytische fase en een zeer persistente rustvorm die meer dan zes jaar kunnen overleven (2b). Poly-pathogeen. *V. dahliae* en *V. albo-atrum* reduceren waarschijnlijk de opbrengst in veel gewassen, o.a. aardappel en erwten. Infectie levert vaak geen zichtbare symptomen (vruchtwisselingsonderzoek De Schreef, PAGV, LUW). De schimmels vormen pas in de afstervende en rottende plantdelen hun microclerotia. Als die dus op het veld blijven, verhogen erwten en aardappelen de infectiedruk voor elkaar (Bollen en anderen, 1989; Hoekstra, 1989). Groen-oogsten en verwijderen van de gewasresten zou de populatiedichtheid in de grond kunnen verlagen.

# Nieuwe gewassen als deeloplossing voor problemen met bodemgezondheid en overschotten in de akkerbouw

W. Meijer, CABO

## 1. Inleiding

De overschotten van granen en suiker in de EG hebben de laatste jaren tot een crisis in de akkerbouw geleid. In Nederland zijn de problemen extra groot omdat gelijktijdig sommige bodemziekten moeilijk beheersbaar bleken en omdat, uit milieuzorg, grote druk is ontstaan om het gebruik van pesticiden terug te dringen. Vanuit die situatie lijkt het rationeel om als deeloplossing te streven naar de introductie van nieuwe gewassen met het doel om nieuwe afzet te zoeken en om het bouwplan te verbreden. De geschiedenis heeft geleerd dat het opzetten van nieuwe produktiekolommen een riskante bezigheid is. In eerste instantie wordt meestal vooral gezocht naar, en geselecteerd op, rendabele afzet. Maar de ontwikkelingen kunnen op veel aspecten stranden, waaronder de inpassingsmogelijkheden in de rotaties. Het is dan ook zinvol om nu al, in het begin van de activiteiten, de meer of minder nieuwe gewassen te toetsen op het punt van de belangrijkste bodempathogenen.

Allereerst wordt beschreven voor welke nieuwe gewassen de mogelijkheden van ontwikkeling, produktie, verwerking en toepassing in onderzoek zijn. Daartoe wordt door de gezamenlijke onderzoeksinstellingen nauw contact onderhouden en samengewerkt met de afnemende industrieën. Er is een tweede groep vanouds bekende akkerbouwgewassen met een klein areaal waarvoor, op grond van literatuur of specifieke studies, belangrijke nieuwe toepassingen en uitbreidingsmogelijkheden worden geclaimd. Voor sommige bedrijven kunnen dat

misschien nieuwe gewassen in de rotatie worden. Te verwachten is dat van alle opties in de loop van het onderzoek via evaluatie en als gevolg van doorgaande technische, economische en politieke ontwikkelingen meerdere gewassen vooreerst niet haalbaar zullen blijken. Er zullen ook weer nieuwe mogelijkheden gesignaleerd worden, maar uiteindelijk zal maar een zeer beperkt deel van alle opties gerealiseerd worden. Om de eventuele betekenis van deze gewassen voor de huidige problemen te benaderen worden zoveel mogelijk de factoren genoemd die bepalend kunnen zijn voor realisatie. En voorbijgaand aan de vele knelpunten, wordt ook een zeer globale en riskante inschatting gemaakt van de arealen waarvoor in theorie afzet aanwezig is of waarvoor afzet te ontwikkelen is. Vervolgens worden geïnventariseerd welke effecten van deze bouwplanverbredende gewassen op de bodemgezondheid te verwachten zijn. Aanvullende dat aardappelen en bieten nog lang tijd de basis van de akkerbouwrotaties vormen, worden de gewassen beoordeeld op de pathogenen die bij die gewassen belangrijk zijn. Tenslotte worden de perspectieven van bouwplanverbredende gewassen als deeloplossing voor de huidige akkerbouwproblemen geplaatst naast enkele andere oplossingsrichtingen.

## 2. Welke gewassen en welke kanalen

In tabel 16 zijn de gewassen op een rij gezet die getoetst zijn op hun waarde in rotatie met aardappelen en bieten. De samenstelling van deze reeks gewassen is gedeeltelijk afhankelijk van inschattingen van onbeker

**Tabel 16.** Indicaties van de theoretische extra afzetruimte in Nederland van nieuwe gewassen en nieuwe ruimte voor oude 'kleine' gewassen (ha per jaar).

| gewassen  | hoofdprodukten en toepassingen                           | extra afzetruimte |
|---|--|-------------------|
| <i>Dicotylen</i>  |  |                   |
| aardpeer/cichorei   | inuline voor hoog-fructose stroop of chemische industrie | 0 - 5.000         |
| hennep  | vezels voor papier                                       | 10 - 15.000       |
| erucazuur-rijk koolzaad/Crambe                                    | olie voor smeermiddelen en kunststoffen                  | 5 - 10.000        |
| nieuwe oliezanen (Dimorphoteca, Calendula, Koriander, Limnanthes) | bijzondere vetzuren voor diverse chemische toepassingen  | 3 - 8.000         |
| zonnebloem  | linol-rijke olie voor consumptie                         | onbeperkt         |
| olievlas  | linoleenzuur-rijke olie voor verf                        | 20.000            |
| vezelvlas   | vezels voor vezelplaten, vezelvliesen menggarens         | 2 - 3.000         |
| karwij/dille  | carvon-olie voor kiemremming, fungicide, insecticide     | 3 - 6.000         |
| <i>Monocotylen</i>  |  |                   |
| gerst   | brouwgerst   | 15.000            |
| rogge   | bakrogge   | 5.000             |
| haver   | consumptie   | 5.000             |
| graszaad  | zaaizaad   | 5.000             |
| CCM-maïs  | varkensvoer  | 40.000            |

de produktie- en afzetmogelijkheden en is discutabel. Bij deze lijst is er vooral op gelet of er (voor)studies aan de gewassen zijn verricht, of er enige kennis beschikbaar is over de ziekten en plagen en of er een basis is om de eventuele extra afzetruimte in te schatten. De reeks nieuwe en oude gewassen wordt, voor een beter overzicht, gerangschikt naar de hoofdprodukten.

Inuline is een fructose-polymer en is het overwegende opslagkoolhydraat van aardpeer en cichorei. Op kleine schaal wordt cichorei in België geteeld om een fructosestroop te maken als industriële zoetstof. Uitbreiding van die afzetruimte hangt samen met het EG-beleid. Nu de EG uitgaven van het suikerbeleid gestabiliseerd zijn, valt de eerste jaren geen grote opening voor dat soort produkten te verwachten. Inuline zou ook een geschikt uitgangsmateriaal kunnen worden voor een aantal interessante processen en produk-

ten van de chemische industrie. Maar de perspectieven daarvan zijn nog onvoldoende duidelijk en realisatie vergt nog een lange ontwikkeling van procestechnieken (Kieboom en Kuster, 1988). Aan de kant van de landbouwkundige produktie is met name bij aardpeer veredeling op een efficiënter gewastype nodig om op termijn afzetkansen te kunnen realiseren. De beschikbare cichoreirassen lijken beter aangepast aan de produktiedoelen.

- Als vezelproducent voor papier is hennep in ons klimaat het eerste kandidaat gewas. Realisatie van afzet zal in eerste instantie afhangen van de prijs van houtpulp. Vroeger of later wordt daarvoor een prijsstijging verwacht. Een tweede belangrijke voorwaarde is dat het lopende onderzoek leidt tot een voldoende milieuvriendelijk verwerkingsproces. Naarmate tenslotte de gewasopbrengsten verbeteren in hoeveelheid en kwaliteit, wordt eerder het competitieve stadium bereikt. Het in tabel 16 ge-



Cichorei



Limnanthes



Aardpeer



*Dimorphotheca pluvidis*

noemde areaal is afgeleid van de wenselijke schaal van een pulpfabriek. Twee andere mogelijke vezelproducenten, *miscanthus* en kortdurend hout, vergen een 8 à 10-jarige teelt en vallen daardoor buiten de rotaties.

- Naarmate erucazuur-arm koolzaad meer verbreiding gevonden heeft, is het voor de oleochemische industrie moeilijker geworden erucazuur-rijke olie te betrekken. Het voornemen voor de EG-commissie om erucazuur-rijk zaad voor industriële verwerking op te nemen in de koolzaad steunregeling schept onmiddellijk afzetruimte voor ongeveer 30.000 ha in Europa. Enkele glucosinolaat-arme rassen zijn al beschikbaar voor dit doel. De industrie is bovendien bereid een premie te geven voor een hoog percentage erucazuur. Voor Nederland is een beperking dat de in aanmerking komende kruisbloemige gewassen, (erucazuur-rijk koolzaad en het nieuwe gewas *Crambe*), waardplant zijn voor de bietecysteaaaltjes en daardoor in de rotaties niet passen naast bieten. De ontwikkeling van resistenties in die gewassen vergt nog verscheidene jaren.
- Binnen de EG is er nog steeds grote ruim-

te voor linolrijke zonnebloemolie. Het Nederlandse klimaat geeft echter gemiddeld te grote schade bij dat gewas door *Botrytis* en *Sclerotinia*. Door het polyfage karakter van die pathogenen is voldoende resistentie waarschijnlijk pas op lange termijn te realiseren (Zimmer en Hoes, 1978).

- In Nederland wordt jaarlijks een hoeveelheid lijnzaad geïmporteerd en verwerkt die overeenkomt met de produktie van circa 20.000 ha olievlas. De lage wereldmarktprijzen geven olievlas in ons land geringe kansen en de druk van marginale teeltgebieden en van het Oostblok blijft voorlopig bestaan. De EG-ondersteuning van zowel vezelproduktie als lijnzaad maakt vezelvlas aantrekkelijker. Beduidende afzetuitbreiding van goedkoop geproduceerde vezels wordt voor een deel gezocht in menggarens, maar vooral ook in vezelplaten en composiet-materialen. Dat ontwikkelingswerk is gaande, maar de onzekerheden rond de mate van realisatie zijn vergelijkbaar met de risico's bij alle nieuwe gewassen.
- De oleochemische industrie heeft de laatste jaren toenemende belangstelling voor

plantaardige oliën. De betere afbreekbaarheid in het milieu ten opzichte van minerale oliën speelt daarbij een rol, maar ook de mogelijkheden om vanuit bijzondere vetzuren meer specifieke derivaten te maken. In contact met de industrie zijn de laatste jaren interessante vetzuren geselecteerd en de bijbehorende nieuwe olieozaden geïntroduceerd door het Centrum voor Genetische Bronnen Nederland. De gewassen zijn nog weinig aangepast, waardoor de problemen in de teelt groot zijn en de opbrengsten relatief laag. Aan de verwerkingskant moeten processen, derivaten en toepassingen nog ontwikkeld worden. Voorlopig is de afzetruimte daardoor beperkt. Op langere termijn kan deze sector interessant worden voor speciaal de Nederlandse akkerbouw omdat goede kwaliteitsbeheersing en grote produktie-kerheid belangrijke voorwaarden zijn voor de afnemers. In eerste instantie richt het onderzoek zich op *Dimorphoteca* en *Osteospermum*-soorten (hydroxyvetzuren), *Limnanthes* (lange vetzuren), *Calendula* (triëne vetzuren) en Koriander (petroselinezuur).

- Op grond van recente literatuur- en van oriënterende studies worden nieuwe toepassingen onderzocht van carvon. Carvon is het belangrijkste vluchtige bestanddeel van de olie van karwij en ook van dille. Geschiktheid en toepassing als kiemrem-middel, fungicide en insecticide zou de afzetruimte flink kunnen vergroten. Realisatie hangt af van de effectiviteit van carvon en van de mogelijkheden om bruikbare toepassingen te formuleren. Ook de wijzigingen van de huidige regelgeving voor de chemische middelen zullen de mogelijkheden van dit 'groene pesticide' mede bepalen.
- Op voorhand is duidelijk dat uit vruchtwisselingsoogpunt grasachtigen grote voordelen bieden. In de voorgaande groep nieuwe gewassen komen die niet voor. In recente nota's van het Nederlands Graan-centrum is wel afzetruimte gesignaleerd voor enkele granen. In ons land wordt jaarlijks het equivalent van 40 à 50.000 ha

brouwerst verwerkt. Circa een derde daarvan wordt voorzien vanuit eigen produktie. Uitbreiding van het aandeel hangt onder andere af van de tarweprijs en hoogte van de brouwerstpremie. Nodig is de uitbouw van een stabiele structuur van produktie en afzet zoals in het zuidwesten bestaat en in noord-Nederland gestart is. Verdere perspectieven geeft de ontwikkeling van geschikte wintergerstrassen en toespitsing van die teelt op afzet naar de mouterijen.

Gezien de jaarlijkse import van circa 40.000 ton rogge, is er ook bij dat gewas in principe afzetruimte aanwezig. Bij verdere daling van de tarweprijs is in enkele regio's overschakeling op bakwaardige rogge aantrekkelijk. Ook voor consumptiehaver is in Nederland meer afzetruimte aanwezig. De prijs van kwaliteitshaver ligt 10-20% boven tarwe, maar de opbrengsten zijn lager, de teelt is te weinig op kwaliteit gericht en de afzetstructuren zijn zwak. Het graszaadareaal is de laatste jaren al toegenomen met circa 60.000 ha. Theoretisch is nog steeds een aanzienlijke produktie van Nederlandse bedrijven in het buitenland naar ons land toe te halen. Dat heeft voordelen. De kwaliteit van hier geteeld graszaad is gemiddeld hoog. Voor de planning van produktie en afzet is gunstig dat hier opbrengstvariëaties relatief klein zijn. Beperkingen vormen de noodzaak om te investeren in verwerkingscapaciteit en, in sommige regio's, de teleurstellende belangstelling van de akkerbouwers.

- Op het gebied van veevoer is het areaal peulvruchten, via EG-ondersteuning, in sommige regio's dicht genaderd tot wat veilig is uit vruchtwisselingsoogpunt. Echter met de dalende prijzen is ook het areaal weer op zijn retour. De teelt van maïs als CCM (corn-cob-mix) voor varkensvoer is in Nederland nauwelijks tot ontwikkeling gekomen. In vergelijking met veel andere nieuwe gewassen zijn de perspectieven van CCM voor de akkerbouw misschien wel onderbelicht. Omdat veel minder massa getransporteerd hoeft te worden, is pro-



duktie in akkerbouwgebieden eerder haalbaar dan snijmaïs. Bij de huidige prijzen van varkensvoer is CCM haalbaar bij een prijs op stam van 1500-2000 gulden per ha (Mentink, 1988). Met slechts een deel van de hectaresteen die de EG besteedt aan peulvruchten of de braakregeling, zou CCM een alternatief zijn met ruime areaalmogelijkheden. Wanneer bij een derde van de vleesvarkens in Nederland 30% van het geïmporteerde voer gedurende acht maanden van het jaar vervangen wordt door CCM, dan is daarvoor circa 80.000 ha nodig. Een groot deel van die produktie zou in akkerbouwgebieden plaats kunnen vinden.

### 3. Nieuwe gewassen en bodemgezondheid

Voor de bodemgezondheid zijn die pathogenen belangrijk die door vruchtwisseling te beïnvloeden zijn. In tabel 17 zijn vier schimmels en vier aaltjes genomen als knelpuntpathogenen in rotaties met aardappelen en bieten. Die keuze en de gegevens zijn gebaseerd op een recente inventarisatie door de Taakgroep Bouwplanvraagstukken van de NRLO (1989, rapport nr. 89/17), op het aaltjesschema in het Handboek (1989, PAGV/CAD) en op verspreide literatuurvermeldingen. Voor de bodemgezondheid is niet de directe gewasschade belangrijk, maar vooral de vermeerdering van deze resistente en niet-specifieke pathogenen. Voor de nieuwe gewassen zijn er veel gaten in die kennis.

**Tabel 17.** Vermeerderingseigenschappen voor knelpuntpathogenen in rotaties met aardappelen en bieten van kandidaatgewassen voor bouwplanverbreding.

|                                | biotecysteaaaltjes | n. wortelknobbelaaltjes | vrijlevende wortelaaltjes | wortellesie-aaltjes | Pythium spp. | Rhizoctonia spp. | Sclerotinia scl. | Verticillium spp. |
|--------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|
| aardpeer                       | -                  | ±                       |                           |                     | +            | +                | +                | +                 |
| cichorei                       | -                  | +                       | +                         | +                   | +            | +                | +                | +                 |
| hennep                         | -                  | +                       |                           |                     | +            |                  | +                | +                 |
| erucazuur-rijk koolzaad/Crambe | ±                  | -                       | ±                         | -                   | -            | +                | +                | -                 |
| nieuwe oliezanen               | -                  | +                       |                           |                     |              |                  | +                | +                 |
| zonnebloem                     | -                  | +                       |                           |                     | +            | +                | +                | +                 |
| olievlas/vezelvlas             | -                  | ±                       | -                         | ±                   | +            | ±                | ±                | ±                 |
| karwij                         | -                  | +                       | +                         | ±                   | +            | +                | +                | +                 |
| gerst                          | -                  | -                       | ±                         | ±                   | -            | -                | -                | -                 |
| rogge                          | -                  | -                       | ±                         | ±                   | -            | -                | -                | -                 |
| haver                          | -                  | -                       | -                         | ±                   | -            | -                | -                | -                 |
| graszaad                       | -                  | -                       | ±                         | ±                   | +            | -                | -                | -                 |
| CCM-maïs                       | -                  | -                       | ±                         | +                   | +            | -                | -                | -                 |

- = geen of weinig vermeerdering  
 ± = matige vermeerdering  
 + = sterke vermeerdering

± = balans van effecten is indifferent of onduidelijk

Een deel van de gegevens over aaltjesgevoeligheid zijn geput uit onderzoek van

door de persistente groep schimmels. In regio's waar de problemen met de bodemge-

## Perspectieven van het veredelingsonderzoek op resistentie tegen enkele bodempathogenen

*Th. Kramer, IVT*

### 1. Inleiding

Vermindering van schade aan gewassen die veroorzaakt wordt door bodempathogenen is mogelijk door:

- de vruchtopvolging te verruimen;
- gebruik te maken van gewasbeschermingsmiddelen;
- gebruik te maken van resistente rassen.

Oplossingen door de eerste twee genoemde benaderingen stuiten op bezwaren (economische en milieubeleid).

Het oplossen van het vruchtwisselingsprobleem door gebruik te maken van resistente rassen is milieuvriendelijk en goedkoop. Het probleem hierbij is echter dat gewenste resistenties soms niet of in onvoldoende mate voorhanden zijn. Bovendien is er vaak veel tijd mee gemoeid om de resistentie te combineren in een ras met voldoende cultuurwaarde. Met name bij gewassen met een twee-jarige generatiecyclus is veel tijd nodig.

In dit artikel zal worden ingegaan op de terminologie met betrekking tot resistentie, de verdelingsaanpak en de stand van zaken in het veredelingsonderzoek naar resistentie tegen bodempathogenen van de aardappel, biet en enkele kruisbloemige gewassen (koolzaad en kool).

### 2. Volledige resistentie

Verreweg de meeste planten zijn resistent tegen de meeste plantepathogenen. Compatibele combinaties (vatbare reacties) zijn dus meer uitzondering dan regel. Het resistentiegedrag van planten kan berusten op het 'niet herkend worden' door het patho-

geen. Deze vorm van resistentie wordt we 'niet-waard' resistentie genoemd, en komt heel algemeen voor. In het onderzoek ontstaat momenteel meer belangstelling naar de perspectieven van 'niet-waard' resistentie voor de resistentieveredeling.

Daarnaast, en daarover zal het in dit artikel met name gaan, kan resistentie berusten op een erfelijke interactie waarbij de waard en het pathogeen volgens een gen-om-gen systeem interactie met elkaar vertonen, die leidt tot vatbaarheid of resistentie. In dit geval is er sprake van een duidelijke herkenning tussen waard en pathogeen. De resistentie is een dergelijk systeem is in de regel volledig. Dit type resistentie wordt verticaal of fysisch specifiek genoemd.

Een veel voorkomende vorm van volledige resistentie is de overgevoelighedsresistentie. Op de plaats van contact tussen waard en pathogeen vindt een snelle afsterving van het planteweefsel plaats, waardoor parasitering van de waard wordt stopgezet. Vaak gaat deze vorm van resistentie in de waard gepaard met een snelle ontwikkeling van nieuwe virulentie in de ziekteverwekker. De duurzaamheid van deze resistentie laat veel te wensen over. In de plantenveredeling is dit type van resistentie goed te hanteren, dat wil zeggen de eigenschap is goed herkenbaar. Na kruising ontstaat een tweetal categorieën nakomelingen, vatbaar en resistent. De resistentie van de waard berust op specifieke resistentiegenen, die doorbroken of geïnactiveerd kunnen worden door de virulentiegenen in het pathogeen. Schematisch ziet de interactie er als volgt uit:

| cultivar | fysio |   |   |     |
|----------|-------|---|---|-----|
|          | 1     | 2 | 3 | 1,2 |
| 1        | V     | R | R | V   |
| 2        | R     | V | R | V   |
| 3        | R     | R | V | R   |

Het meest eenvoudig kan men zich het resistentiegen in de waard voorstellen als een slot, dat alleen kan worden geopend (de resistentie wordt doorbroken) met de juiste sleutel, het virulentiegen. Naast enkelvoudige fysio's, die slechte één bepaald virulentiegen bezitten, zijn er ook complexe fysio's met meer dan één virulentiegen.

Wanneer de resistentie volledig is, wordt de selectiedruk op nieuwe fysio's groot. De kans op het ontstaan van nieuwe virulente fysio's wordt verkleind door 'stapeling' van resistentiegenen in de waard.

### 3. Partiële resistentie

Naast volledige resistentie van een waardplant kan het resistentie-niveau ook lager zijn. Men spreekt dan van partiële resistentie. De waardplant vertoont een vatbaar reactietype, maar de groei van de ziekteverwekker is aanzienlijk trager dan in het vatbare genotype. De vertraagde ontwikkeling wordt veroorzaakt door mechanismen in de plant die van invloed zijn op bijvoorbeeld de kieming van de sporen, de vestigingskans van het pathogeen, groeisnelheid en de mate van sporulatie. Dit resistentiegedrag wordt ook wel veldresistentie of horizontale resistentie genoemd. In tegenstelling tot volledige resistentie is partiële resistentie duurzaam, en fysio-onafhankelijk.

De genetische basis van partiële resistentie is als regel polygeen, dat wil zeggen dat deze berust op verschillende genen. Voor de veredelaar is het werken met partiële resistentie minder eenvoudig. Deze dient te beschikken over een goede kwantitatieve toetsmethode om het continuüm aan variatie in resistentieniveaus tussen volledig vatbaar en volledig resistent te kunnen meten. Bovendien wordt na kruising veelal gevonden

den dat het niveau van partiële resistentie ergens tussen beide ondergenotypen komt te liggen, met andere woorden de resistentiegenen hebben additieve effecten. Het niveau van partiële resistentie kan worden verhoogd door accumulatie van genen binnen één genotype. In sommige gevallen wordt partiële resistentie verward met het begrip tolerantie. Deze begrippen zijn echter verschillend. Tolerantie wil zeggen dat bij een vergelijkbaar niveau van aantasting van twee rassen, het ene ras minder schade heeft dan het andere. Tolerantie heeft dus te maken met het ziektebeeld bij een zekere mate van de aantasting.

### 4. Veredelingsmethoden

Voor een snelle introductie van één of meer resistentiegenen in een bestaand ras wordt gebruik gemaakt van de methode van herhaalde terugkruising. De donorplant bevat de resistentie, terwijl de terugkruisingsouder de combinatie van gewenste cultuurwaarde eigenschappen bezit. Wanneer de resistentie monogeen is (dominant dan wel recessief) en de resistentie volledig, kan men in de opeenvolgende terugkruisings-generaties steeds resistente planten zoeken en de beste weer opnieuw kruisen met de terugkruisingsouder. Na ongeveer zes tot zeven terugkruisingen kan men door één of tweemaal zelfbevruchting de resistentie fixeren en heeft men het genotype van het uitgangsras terug in combinatie met de ziekteresistentie. Van essentieel belang voor de efficiëntie (snelheid) van dit proces is naast herkenbaarheid de generatieduur.

Problemen ontstaan vooral in het werken met partiële resistentie. Tijdens de terugkruisingsgeneraties wordt het resistentieniveau namelijk meestal verlaagd door het uitsplitsen van de resistentiegenen. Naarmate het aantal genen groter is, wordt de kans kleiner om terugkruisingsnakomelingen te vinden met een voldoende hoog niveau van partiële resistentie. Dit kan ertoe leiden dat opnieuw teruggegrepen moet worden op de donor-

ouder met alle nadelige invloeden op de snelheid waarmee een acceptabel resistentieniveau gecombineerd wordt met een goede cultuurwaarde.

## 5. Perspectieven op resistentie tegen bodempathogenen

### 5.1 Aardappelmoeheid

Aardappelmoeheid wordt veroorzaakt door aardappelpysteaaltjes (*Globodera rostochiensis* en *Globodera pallida*). Beide soorten zijn obligate pathogenen van de aardappel. Binnen *G. rostochiensis* worden vijf verschillende pathotypen (fysio's) onderscheiden (Ro 1 t/m Ro 5) en binnen *G. pallida* vier (Pa 1 t/m Pa 4). Dit onderscheid is gebaseerd op het resistentiegedrag met een aantal aardappelklonen. Slechts voor Ro 1, Ro 4 en Pa 1 zijn de resistentiegenen geïdentificeerd.

De ervaring met de tot nu toe gebruikte bronnen van resistentie (*S. tuberosum* ssp. *andigena* en *s. vernei*) heeft geleerd dat deze resistenties niet erg duurzaam zijn. Na enkele teelten ontwikkelde zich een nieuw pathotype dat in staat was de resistentie te doorbreken. Een ander nadeel was dat er door gebrek aan tolerantie een aanzienlijke opbrengstderving was.

Er zijn rassen beschikbaar met resistentie tegen de pathotypen Ro 1 t/m Ro 4 en Pa 1 en Pa 2. Rassen die bovendien resistent zijn tegen Pa 3 zijn in ontwikkeling. Bij consumptierassen is het probleem het grote aantal cultuurwaarde-eigenschappen te combineren met de resistentiegenen. Dit kost tijd. Toch kan men redelijk optimistisch zijn dat op middenlange termijn resistente rassen beschikbaar komen die kwalitatief acceptabel zijn. Wanneer de resistentie doorbroken zou worden na 5 à 6 teelten, betekent dit voor de praktijk toch een goede bescherming voor een periode van ongeveer 18 jaar.

Momenteel is het onderzoek bij de aardappel met name gericht op partiële resistentie met een duurzaam karakter. Binnen *S. tu-*

*berosum* en *S. phureja* wordt variatie gevonden in pathotype-onafhankelijke resistentie. Probleem is echter dat het niveau van deze partiële resistentie laag is.

De vermeerderingsfactor op het beste partiële-resistente genotype dat tot nog toe gevonden is, was ongeveer 30% van die van het vatbare standaardras Maritta. Tevens is er variatie gevonden in het gewicht van de cysten. Van de beste genotypen was dit slechts 60% van dat van cysten gevormd op Maritta. Het cystegewicht hangt zeer sterk samen met het aantal eieren. Beide componenten van partiële resistentie bleken bovendien sterk onafhankelijk te zijn van de populatiedichtheid in de grond. Deze resultaten zijn dermate bemoedigend dat er een kruisingsprogramma is gestart waarin onderzoek gaat worden of door combinatie van bovengenoemde resistentie-componenten het niveau van de partiële resistentie verhoogd kan worden.

Selectie op tolerantie lijkt ook perspectief te hebben. Voorwaarde voor meer inzicht en vooruitgang op dit terrein is echter de ontwikkeling van een betere toetsmethode. Het aantastingsniveau moet kwantitatief goed kunnen worden vastgesteld.

### 5.2 Bietecysteaaltjes

Bietecysteaaltjes (bca) veroorzaken bietemoeheid (*Heterodera schachtii* en *H. trifolii* f. *betae*). De aaltjes kunnen zich behalve op veel soorten uit de familie van de ganzevoetachtigen (*Chenopodiaceae*) ook zeer sterk vermeerderen op soorten uit de familie van de kruisbloemigen (*Cruciferae*). Koolzaad kan niet geteeld worden in een vruchtwisseling met suikerbieten, vanwege de hoge vermeerdering van de aaltjes op het koolzaad. De schade aan koolzaad blijft beperkt, maar teelt van bieten erna is niet meer verantwoord.

Bij suikerbieten is resistentie voor het bca gevonden in *B. patellaris* en *B. procumbens*.

Halfmateriaal uit kruisingen van deze soorten met *B. vulgaris* is uitgegeven aan veredelingsbedrijven. In *B. vulgaris* en *B. maritima* is partiële resistentie gevonden. In de beste selecties is sprake van een vermeerderingsfactor van 30% vergeleken met vatbare rassen. Het lijkt echter wenselijk om in een bouwplan met bca-resistente bieterassen ook partieel resistente koolzaadrassen op te nemen om te voorkomen dat de populatiedichtheid te hoog wordt.

In het resistentie-onderzoek met koolzaad wordt gebruik gemaakt van drie verschillende benaderingen voor de ontwikkeling van bca-resistente rassen:

- partiële resistentie uit *B. napus*;
- volledige resistentie uit verwante soorten door kruising;
- volledige resistentie vanuit verwante soorten door middel van protoplastenfusie en regeneratie.

De variatie in componenten van resistentie zoals penetratie van de larven, differentiatie van de sexen, cystevorming en aantal eieren/cyste lijkt binnen koolzaad niet groot te zijn. Wel worden er significante rasverschillen gevonden voor het aantal cysten/plant. Het onderzoek probeert een antwoord te geven op de vraag of door combinatie van resistentiecomponenten het niveau van partiële resistentie verhoogd kan worden.

Goede bca-resistentie is te vinden in gele mosterd (*Sinapis alba*), bladramenas (*Raphanus sativus*) en in *Brassicoraphanus*, een kruising tussen *Br. campestris* en *R. sativus*. Tussen *S. alba* en *R. sativus* enerzijds en koolzaad anderzijds bestaan kruisingsbarrières. Daarom worden er brugkruisingen gemaakt met *B. oleracea*, *B. campestris* en *B. juncea*. De verkregen F1 planten worden dan weer teruggekruist met koolzaad, in de hoop introgressanten te vinden met bca-resistentie. Soort- en geslachtsbarrières kunnen overwonnen worden door protoplastentechnieken. Om met succes gebruik te kunnen maken van deze technieken moeten protoplastenisolatie, -kweek en -re-

generatie, -fusie en -selectietechnieken ter beschikking zijn voor elk van de geslachten. De technieken voor koolzaad zijn redelijk ontwikkeld, maar over die van de andere soorten is nog nauwelijks iets bekend. De conclusie kan dan ook zijn dat voorlopig nog geen bca-resistente koolzaadrassen zijn te voorzien.

### 5.3 Bieterhizomanie

Bieterhizomanie is een ernstig probleem, niet alleen vanwege de bedreiging voor de bietenteelt, maar ook in verband met rhizomanieverklaringen die nodig zijn voor export van plant- en pootgoed naar sommige landen. De ziekte wordt veroorzaakt door het bieterhizomanievirus (BNYVV), dat via infectie van de plant door de schimmel *Polymixa betae* binnendringt.

Momenteel zijn door veredelingsbedrijven enkele nieuwe rassen ontwikkeld, die onder besmette omstandigheden relatief goede opbrengsten geven. Er wordt hard gewerkt aan verbetering van het opbrengstniveau.

Een bij de Stichting voor Plantenveredeling (SVP) ontwikkelde kastoetsmethode is nu geschikt (voldoende nauwkeurig) om het resistentieniveau van bietplanten te kunnen vaststellen. In deze kastoets wordt besmette grond gemengd met zand, waarmee kleine plastic containers worden gevuld. Hierin worden kiemplantjes verspeend. Na vijf weken worden de wortels gespoeld en beoordeeld op aanwezigheid van de schimmel *Polymixa betae*. Bij aanwezigheid van de schimmel wordt met een kwantitatieve Elisa-toets de virusconcentratie bepaald en vergeleken met die in het vatbare ras Regina.

Binnen de sectie patellares komt volledige resistentie voor tegen de vector. Het is nog niet bekend of er ook virusresistentie is. Binnen de sectie *vulgaris*, waartoe de soorten *B. vulgaris* en *B. maritima* behoren komt een grote mate van partiële resistentie voor. Binnen *B. maritima* zijn herkomsten gevonden waarin het virus nauwelijks voorkomt. Het onderzoek naar vectorresistentie binnen

het cultuurmateriaal heeft nog geen resultaten opgeleverd.

Samenvattend kan gezegd worden dat er goede perspectieven zijn voor succes van de veredeling op resistentie tegen rhizomanie. De huidige rassen met partiële resistentie worden verder verbeterd, zodat binnen afzienbare tijd resistente rassen op de rasenlijst zullen komen.

## 5.4 Knolvoet

Knolvoet is een belangrijke ziekte van alle soorten en typen van het geslacht *Brassica* (*Br. oleracea*, *Br. napus*, *Br. rapa* e.a.).

De schimmel, *Plasmodiophora brassicae* blijft lang over in de grond, zelfs in afwezigheid van crucifere waardplanten. Een goede bestrijdingsmethode is niet beschikbaar.

In de soorten *Br. napus* en *Br. rapa* komt goede resistentie voor. Deze berust op een gen-om-gen relatie tussen de waard en het pathogeen (verticale resistentie). Daarentegen is het resistentieniveau van typen van *Br. oleracea* laag. Er zijn aanwijzingen dat deze resistentie fysisch-onafhankelijk is (horizontaal) en berust op meerdere recessieve genen, die elk een additief effect op de resistentie hebben. Dit betekent dat beide ouderlijnen van een F1 hybride de resistentie moeten bezitten. De veredeling op resistentie tegen knolvoet is dus een lastige zaak.

Het veredelingsonderzoek concentreert zich op een aantal thema's. Allereerst is dit de genetische variatie in resistentie. In een recente publikatie (Crisp et al., 1989) waarin ongeveer 1000 rassen werden onderzocht, zijn nieuwe resistentiebronnen van redelijk niveau beschreven in sluitkool, broccoli en bloemkool. De beste daarvan zijn afkomstig uit Italiaanse landrassen. Het onderzoek op het IVT is gericht op het opsporen van resistentiecomponenten die bij onderlinge onafhankelijkheid in combinatie met elkaar een verhoogd resistentieniveau kunnen geven.

Een volgend probleem is de variatie in het pathogeen. Niet alleen tussen herkomsten,

maar ook erbinnen blijkt variatie in het virulentiepatroon te bestaan. Voor verder onderzoek is het noodzakelijk in-vitro methoden te ontwikkelen waarmee zuivere isolaten van de schimmel in stand gehouden kunnen worden. De toetsmethoden voor een kwantitatieve bepaling van het resistentieniveau lijken voldoende ver ontwikkeld te zijn.

Voor het genetisch onderzoek moet men kunnen beschikken over goede toetsgenotypen. De huidige ECD toetsreeks (European Clubroot Differential) heeft als nadeel dat de toetsrassen genetisch onzuiver zijn. Ten dele zijn het selecties uit landrassen. Het onderzoek aan koolgewassen om uit microsporen (onrijpe stuifmeelkorrels) planten te verkrijgen, maakt het naar verwachting op korte termijn mogelijk om een geschikte toetsserie te ontwikkelen.

Recente resultaten van genetisch onderzoek aan resistente rassen laten zien dat gedeeltelijk resistente planten weinig resistentiegenen gemeen hebben. Door onderling kruisen, inteelt en selectie lijkt het dan mogelijk meer resistentiegenen te accumuleren en een hoger resistentieniveau te bereiken. Op korte of middenlange termijn is hier echter nog geen duidelijke doorbraak te verwachten.

## Literatuur

Alderlieste, M.F.J. en H. Paul, 1988. Rhizomanie in biet: een nieuwe uitdaging voor de resistentieveredeling. 1. Kwantitatieve virusbepaling. *Phytopathologia themanummer januari*: 60-64.

Arntzen, K.F. en J. Bakker, 1988. Variation in number of cysts formed on susceptible potato cultivars with various populations of *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Euphytica* 5: 99-104.

Arntzen, K.F. en D. Wouters, 1989. Selection for partial resistance to potato cyst nematodes in *S. tuberosum* and *S. phureja*. In: K.M. Louwes, H.A.J.M. Toussaint en L.M.W. Dellaert (eds). Parental line breeding and selection in potato breeding. *Proc. Joint Conf. EAPR Breeding Section and Eucarpia Potato Section*, Pudoc,

- Wageningen the Netherlands pp. 71-75.
- Crisp, P., I.R. Crute, R.A. Sutherland, S.M. Angell, K. Bloor, H. Burgess and P.L. Gordon, 1989. The exploration of genetic resources of *Brassica oleracea* in breeding for resistance to clubroot (*Plasmodiophora brassicae*). *Euphytica* 42: 215-226.
- Crute, I.R., A.R. Gray, P. Crisp and S.T. Buczachi, 1980. Variation in *Plasmodiophora brassicae* and resistance to clubroot disease in Brassicas and allied crops - a critical review. *Plant Breeding Abstracts* 50 (2): 91-104.
- Dellaert, L.M.W., H. Vinke en K. Meyer, 1988. The inheritance of resistance to the potato cyst nematode *Globodera pallida* PA3 in wild *Solanum* species with broad spectrum resistance. *Euphytica*: 105-116.
- Lelivelt, C.L.C., 1988. Uiteenlopende strategieën voor de introductie van bietecystenaaltjes-resistentie in koolzaad (*Brassica napus*). *Prophyta* themanummer januari: 76-81.
- Lelivelt, C.L.C. en H.J. Frederiks, 1989. Regeneratie en fusie van protoplasten bij kruisbloemigen voor overdracht van resistentie. *Prophyta* 2: 115-117.
- Paul, H. en M.F.J. Alderlieste, 1988. Rhizomanie in biet: een nieuwe uitdaging voor de resistentieveredeling. 2. Ontwikkeling van een kiemplant-toets. *Prophyta* themanummer januari: 65-67.
- Spitters, C.J.T. en S.A. Ward, 1988. Evaluation of breeding strategies for resistance to potato cyst nematodes using a population dynamic model. *Euphytica* 5: 87-98.
- Voorrips, R.E., 1987. Knolvoet opnieuw in de belangstelling. *Prophyta* 6: 129-130.
- Voorrips, R.E. en D.L. Visser, 1989. Recessive inheritance of resistance to clubroot in *Brassica oleracea*. *Cruciferae Newsletter*: in press.

# Economische aspecten met betrekking tot de bouwplankeuze

*S. Cuperus, PAGV*

## 1. Theoretische achtergronden

Een akkerbouwer of tuinder beschikt over een beperkte hoeveelheid grond, arbeid en slijtende duurzame produktiemiddelen. Elk jaar moet hij opnieuw beslissen hoe hij deze vaste produktiemiddelen zal aanwenden ten behoeve van de teeltmogelijkheden die er voor zijn bedrijf zijn. Anders gezegd: elk jaar moet hij beslissen hoe de bouwplansamenstelling voor het volgende teeltseizoen zal zijn. De alternatieven waaruit hij kan kiezen worden primair door technische factoren bepaald, terwijl hij bovendien te maken heeft met overheidsrichtlijnen ten aanzien daarvan. De technische productie-omstandigheden en de overheidsrichtlijnen vormen beperkingen voor de teelt van de gewassen en dus voor de bouwplansamenstelling. Belangrijke beperkingen zijn:

- klimatologische omstandigheden. Zij zijn immers bepalend voor de gewassen die geteeld kunnen worden;
- beschikbare oppervlakte, kwaliteit en gezondheidstoestand van de bodem;
- beschikbare arbeid, mechanisatie, gebouwen en de capaciteit daarvan;
- vruchtwisselingseisen en inzaaimogelijkheden;
- omvang van quota en contracten, en de afzet- en of verwerkingsmogelijkheden.

Technisch worden de mogelijke arealen van de ter keuze staande gewassen en de bouwplansamenstelling begrensd door de mate waarin de gewassen beslag leggen op de genoemde beperkingen.

Pas als de technische produktiemogelijkheden bekend zijn, komt het bedrijfseconomische aspect van de bouwplankeuze aan de orde. In de economie wordt ervan uitgegaan

dat binnen het kader van de technische produktiemogelijkheden, de ondernemer die gewassencombinatie zal kiezen die hem de hoogste winst resp. het geringste verlies zal opleveren. Hoewel de vooronderstelling dat de ondernemer streeft naar winstmaximering zeker niet voor 100% realistisch is, - ook andere factoren als risico aversie, de werkdruk, gewoonte etc., zijn medebepalend voor de keuze -, is het streven naar winstmaximering een goede werkhypothese.

Het economische criterium met betrekking tot de bouwplankeuze wordt gevormd door de saldo's van de gewassen, of nauwkeuriger gezegd door de verhouding tussen de saldo's.

De hoogte van de saldo's wordt in sterke mate bepaald door de verwachte telersprijzen van de gewassen. Voor vollegrondsgroenten kunnen deze bij gelijke fysieke opbrengsten aanzienlijke regionale verschillen vertonen, die verband houden met de omstandigheid of al dan niet een belangrijke veiling in de omgeving aanwezig is. Voor de prijsvorming maakt het een groot verschil of de kopers uit regionale groenteboeren bestaan of uit exporteurs.

Wijzigen zich de saldooverhoudingen, dan kan dit tot een wijziging van het optimale bouwplan leiden, maar dit zal niet altijd het geval zijn. Of dit wel of niet het geval is hangt af van de mate waarin de saldooverhoudingen zich wijzigen en van de wijze waarop de verschillende beperkingen ten opzichte van elkaar staan.

Hoewel het optimale plan het gunstigste bedrijfsresultaat oplevert, wil dit niet zeggen dat dit plan altijd het meest aanbevelenswaardig is. Vaak bevinden zich op een iets lager niveau plannen, die uit het oogpunt van organisatie van de werkzaamheden, risicogevoeligheid, liquiditeitsontwikkeling, financiering etc. aantrekkelijk zijn, ook al leve-



ren ze iets minder op. Vaak kunnen geringe wijzigingen in de beperkingen aanzienlijke bouwplanverschuivingen teweegbrengen. Dit is duidelijk naar voren gekomen uit een modelonderzoek betreffende de Veenkoloniën.

## **2. Modelonderzoek Veenkoloniën**

Reeds vele jaren omvat het bouwplan in de Veenkoloniën circa 50% aardappelen. Bij gemiddelde fysieke opbrengsten die thans in dit gebied worden behaald en bij het huidige niveau van de prijzen blijkt dat indien braaklegging als teeltmogelijkheid wordt toegelaten, voor een oppervlaktetraject van 30 t/m 80 ha bedrijfsplannen met 25% aardappelen een beter resultaat geven dan die met 50%. Wordt de braaklegging uitgesloten dan verdwijnen de fabrieksaardappelen volledig uit de optimale productieplannen van het 30 en 40 ha bedrijf. Wordt er echter van uitgegaan dat op deze bedrijven een aardappelrooier aanwezig is, dan omvatten de optimale bouwplannen voor de genoemde opzetten weer 25% aardappelen. Liggen de fysieke opbrengsten van de aardappelen 10% boven het gemiddelde, en wordt braak toegestaan, dan neemt het aandeel van de aardappelen toe tot circa 46% in de bouwplannen voor bedrijven van 40 t/m 60 ha. Daarna loopt het terug tot 25% bij 80 ha.

Wordt braak nu uitgesloten dan is 50% aardappelen op bedrijven van 30 en 40 ha optimaal, terwijl hun aandeel in de opzetten voor 50 t/m 80 ha weer terug loopt tot 25%. Wordt vervolgens in de situatie zonder braaklegging de mogelijkheid van het oogsten van graan, graszaad en peulvruchten met een eigen tweedehands maaidorser uitgesloten, dan omvat ook het optimale plan voor het bedrijf van 50 ha 50% aardappelen, terwijl in verband met een beperking inzake de trekkracht op het 60 en 70 ha bedrijf circa 36% aardappelen voorkomen, en op het 80 ha bedrijf weer 50%, daar een extra trekker is opgenomen.

Het voorgaande demonstreert duidelijk dat de bouwplankeuze op basis van bedrijfseco-

nomische principes bijzonder compliceerd is. Wat juist is, is geheel afhankelijk van de omstandigheden die voor het individuele bedrijf gelden.

## **3. Modelonderzoek bedrijfsgrootte centraal kleigebied**

In verband met de afbrokkelende garantie-prijzen en de steeds stingenter wordende eisen met betrekking tot bescherming van het milieu, is in samenwerkingsverband tussen de Directie Flevoland, het LEI en het PAGV een onderzoek verricht naar de consequenties die genoemde factoren hebben op de bedrijfsgrootte van akkerbouwbedrijven in het centrale kleigebied. Hierbij vormen een verdere daling van de prijzen van de marktordeningsprodukten en een verdere aanscherping van de milieu-eisen de belangrijkste uitgangspunten. In eerste instantie zijn de prijzen van de produkten ontleend aan of afgeleid van die in Onderzoekverslag nr. 23 van het LEI, getiteld 'Economische evaluatie van de waarde van agrarische grond in de Markerwaard', staan vermeld. In genoemd onderzoek wordt een benadering gegeven van de prijzen als de prijssubsidies volledig zijn afgebroken.

Daar thans al een aantal prijzen dit niveau benaderen, is voor wintertarwe en de daarmee in saldo samenhangende gewassen (overige granen, graszaad, peulvruchten enz.) een tweede prijsniveau, dat circa 10% lager ligt, in de berekeningen betrokken.

Stringentere milieu-eisen komen tot uitdrukking in iets meer mechanische onkruidbestrijding en het niet toelaten van grondontsmetting. Dit heeft met name consequenties voor de teelt van aardappelen, voor welk gewas rekening is gehouden met drie teeltfrequenties, namelijk een 1 op 4, 1 op 5 en een 1 op 6 teelt. Daar grondontsmetten niet is toegestaan wordt bij de 1 op 4 teelt eens in de zoveel jaren een resistent ras verbouwd. Het onderzoek prentendeert niet een definitief antwoord te geven op de vraag naar de bedrijfsgrootte, maar moet worden gezien als een eerste verkenning. Daar de teeltfre-

quenties van de aardappelen van tevoren zijn vastgelegd, zijn de begrote bouwplannen veel stabielier dan die in het Veenkoloniale onderzoek. De arbeidsopbrengst van de ondernemer in de alternatieve opzetten bij het basisprijsniveau en het lagere prijsniveau zijn weergegeven in tabel 19. Uit de uitkomsten blijkt duidelijk dat ook bij dalende prijzen de bedrijfsoppervlakte nog steeds een zeer belangrijke rol speelt met betrekking tot de inkomensmogelijkheden van een bedrijf. Prijsdaling brengt mee dat de bedrijfsgrootte moet toenemen om het inkomen te handhaven. Voor de bedrijven met een oppervlakte van 50 en 75 ha komt het 1 op 4 bouwplan gunstiger naar voren dan de 1 op 5 en de 1 op 6 bouwplannen. Bij het eenmansbedrijf van 100 ha, dat organisatorisch nogal problematisch is en veel losse arbeid vraagt, komt het 1 op 5 bouwplan als beste uit de bus. Het verschil met de 1 op 4 opzet is echter te verwaarlozen.

Bij de twee-mansopzet van 100 ha levert het 1 op 4 plan een kleine f 6000,- hogere arbeidsopbrengst van de ondernemer dan het 1 op 6 plan, dat ruim f 6000,- beter uitkomt dan het 1 op 6 plan (basis prijsniveau).

Bij een oppervlakte van 125 ha en 2 v.a.k. liggen de uitkomsten van de verschillende teeltfrequenties ongeveer op hetzelfde niveau. Hoewel de prijzen en een deel van de overige uitgangspunten afwijken van die welke voor de huidige situatie gelden, en de uitkomsten van het onderzoek dus ook niet naar de huidige situatie mogen worden getransporteerd, geldt voor de huidige situatie in zijn algemeenheid wel dat op de korte termijn bezien de bedrijfsopzetten met hoge

teeltfrequenties de beste bedrijfseconomische resultaten geven, zolang geen knelpunten optreden met betrekking tot de arbeid en de capaciteit van machines en werktuigen. Dit zijn in het algemeen de kleinere bedrijven. Zijn er wel capaciteits- en arbeidsbeperkingen, die niet door het aantrekken van losse arbeid kunnen worden opgelost, dan krijgen lagere teeltfrequenties de voorkeur. Op langere termijn kunnen de nadelige effecten van hoge teeltfrequenties (nauwe bouwplannen) in de vorm van afnemende fysieke opbrengsten en steeds hogere kosten van bestrijding een zodanige omvang bereiken dat lagere teeltfrequenties niet alleen vanuit teeltkundig oogpunt, maar ook vanuit bedrijfseconomisch gezichtspunt de voorkeur gaan verdienen. De Veenkoloniën vormen hiervan een sprekend voorbeeld.

Een belangrijke vraag hierbij is of met de sterke intensivering die in de afgelopen jaren heeft plaatsgevonden, de toekomstige inkomensperspectieven van de bedrijven zijn of worden verkleind. Deze vraag is niet zonder meer met ja of nee te beantwoorden. Wel is duidelijk dat de prijs- en inkomensontwikkelingen die de laatste jaren in de akkerbouw hebben plaatsgevonden veel boeren nopen tot intensievere bouwplannen, om toch een zodanig inkomen te verwerven waar het gezin 'redelijk' van kan leven.

**Tabel 19.** Arbeidsopbrengst van de ondernemer.

| bouwplan | basis prijsniveau |        |                     |                     |                   | verlaagd prijsniveau granen etc. |        |                   |                   |                   |
|----------|-------------------|--------|---------------------|---------------------|-------------------|----------------------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|
|          | 50                | 75     | 100 <sup>1)</sup> * | 100 <sup>2)</sup> * | 125 <sup>2)</sup> | 50                               | 75     | 100 <sup>1)</sup> | 100 <sup>2)</sup> | 125 <sup>2)</sup> |
| 1 op 4   | 25.193            | 56.037 | 82.637              | 66.243              | 101.574           | 19.345                           | 43.157 | 65.395            | 49.624            | 77.729            |
| 1 op 5   | 20.201            | 54.212 | 83.931              | 60.789              | 103.440           | 12.931                           | 39.307 | 65.545            | 42.744            | 79.532            |
| 1 op 6   | 18.818            | 53.132 | 80.624              | 54.133              | 102.396           | 12.019                           | 41.785 | 61.916            | 36.240            | 77.437            |

\* 1) eenmansopzet 2) tweemansopzet

---

# De (on)mogelijkheden van bouwplanverruiming

---

*C.J.J. de Kroon, CAD-agv*

## 1. Inleiding

In de praktijk blijkt dat het bedrijfsresultaat in de akkerbouw- en vollegrondsgroentesector in sterke mate wordt bepaald door de bedrijfsomvang. Ondernemers hebben daarom geprobeerd hun bedrijven (gemeten in sbe's) te vergroten. Mogelijkheden om grond aan te kopen zijn slechts beperkt aanwezig geweest. Mogelijkheden om andere takken aan te trekken zijn tot nu toe beperkt benut. Mede door het beschikbaar komen van technische en chemische hulpmiddelen zijn de bedrijven wel sterk geïntensiveerd en gespecialiseerd. In een aantal gevallen zijn de aan vruchtwisseling te stellen eisen bewust en onbewust overtreden. Intensieve teeltplannen gaan, zoals uit voorgaande hoofdstukken blijkt, gepaard met onder andere achteruitgang in bodemstructuur, problemen met bodem- en gewasgebonden ziekten en plagen, moeilijk te bestrijden bouwplan-specifieke onkruiden, een toenemend gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en stijgende kosten. Er is daarom een noodzaak ontstaan om de nadelige effecten van intensieve bouwplannen te elimineren. In de praktijk wordt voor de bestrijding van onder andere aaltjes gebruik gemaakt van grondontsmettingsmiddelen. Vooral op intensieve en gespecialiseerde bedrijven is men voor een aantal teelten sterk afhankelijk geworden van het gebruik van chemische middelen. Preventieve en curatieve toepassing van chemische middelen blijkt een effectieve methode van gewasbescherming te zijn. Chemische middelen zijn in verhouding tot andere methoden bovendien niet duur. Het gevolg is dat het verbruik aanzienlijk is gestegen. Dit verhoogde gebruiksniveau brengt risico's mee voor mens en milieu. Bovendien ontstaat bij herhaald gebruik de kans dat

middelen minder effectief worden vanwege het optreden van adaptatie van de grond of resistentie van het pathogeen. Het is daarom niet voor niets dat overheid en bedrijfsleven zich beraden op alternatieven.

## 2. Teeltfrequentie

Lamers geeft aan dat in het onderzoek naar de grenzen van hele nauwe bouwplannen zich al wel problemen voordoen met cysteaaltjes die met grondontsmetting niet volledig bestreden kunnen worden. Daarnaast komen ziekten naar voren, zoals verwelkingsziekte in aardappelen en wortelrot in suikerbieten, die niet tegengegaan kunnen worden.

Genoemde ziekten en plagen zijn sterk afhankelijk van de teeltfrequentie van het gewas en van de voorvruchten. Afhankelijk van grondsoort en teeltwijze gaan de opbrengsten achteruit en nemen de kosten toe. De voordelen van specialisatie worden al snel teniet gedaan.

## 3. Vruchtwisseling

Huiskamp stelt dat vruchtwisseling in het verleden de maatregel was om problemen bij de plantenteelt op te lossen en dat door een toenemend gebruik van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen de vruchtwisselingsproblemen waren te reduceren tot beheersbare teeltelementen. Op zoek naar mogelijkheden om inkomens op akkerbouwbedrijven te verbeteren, noemt hij de introductie van vollegrondsgroentegewassen. Indien deze gewassen een substantieel deel innemen van het totale areaal, is er echter geen sprake van een reductie tot beheersbare teeltelementen. Terecht constateert Huiskamp daarom dat er ook in de groenteteelt grenzen zijn aan nauwe rotaties.

Groenten (met lage saldi) mogen granen niet uit het bouwplan verdringen. Beter is het om hoog salderende groentegewassen op te nemen in plaats van aardappelen en bieten en het graanaandeel te vergroten. Omschakeling van een intensief akkerbouwplan naar een vollegrondsgroentebedrijf met ruime vruchtwisselingsmogelijkheden is in een aantal gevallen een rigoreuze, maar aan te bevelen bedrijfsaanpassing. Het op een beperkte oppervlakte telen van hoog salderende groentegewassen in combinatie met graan of braaklegging biedt mogelijkheden om met voldoende pauzejaren intensieve groenten te telen. Bij een dergelijke bedrijfsopzet blijft teeltspecialisatie mogelijk zonder negatieve (voorvrucht)invloeden op opbrengst, kwaliteit en milieu.

#### **4. Toetsmethoden en resistente gewassen**

Volgens Maas zijn gewassymptomen niet te gebruiken om schade veroorzaakt door aaltjes vast te stellen.

Gewasschade kan wel worden afgeleid uit de kwantitatieve relatie tussen opbrengstderving en populatiedichtheid van de aaltjes die het gewas aantasten. Indien in het gewas symptomen zichtbaar zijn, is de populatiedichtheid (plaatselijk) al zo groot dat de schadedrempel is overschreden. Het ontwikkelen en introduceren van goede detectie- en toetsmethoden dient gestimuleerd te worden. Door het kennen van de aanvangsbesmetting en de factoren die de populatieontwikkeling beïnvloeden is vooraf aan te geven op welke wijze met onvatbare of resistente gewassen op de actuele situatie is in te spelen.

Bovendien kan voorkomen worden dat door onnodige grondontsmetting problemen ontstaan met adaptatie.

#### **5. Bodemreceptiviteit en hygiëne**

Dijst schrijft dat het eindeffect van een gewasrotatie afhangt van de ecologie van de

bodemschimmels. Door bodemreceptiviteitsonderzoek wordt geprobeerd gronden te klassificeren naar hun ontvankelijkheid voor een bodemziekte in afhankelijkheid van bodemtype, gewas, teeltwijze, klimaat en overige bodemorganismen. Door middel van toetsen kan worden bepaald of biologische vijanden van een gewas zich kunnen uitbreiden tot een niveau dat schade veroorzaakt aan een te telen gewas. Als hygiënische maatregel wordt het direct van het veld verwijderen van gewasresten aanbevolen. De vraag is echter of dit technisch zodanig uitgevoerd kan worden dat de maatregel effectief is. Bovendien zullen maatregelen genomen moeten worden om de infectiedruk vanuit de afvalhopen laag te houden.

Het telen van vangplanten kan in technische zin mogelijkheden bieden om schimmels te bestrijden. Gewassen die uit oogpunt van sanitatie aantrekkelijk, maar in economisch opzicht onaantrekkelijk zijn, zullen echter pas geteeld (kunnen) worden als er aanwijsbare baten in bouwplanverband tegenoverstaan. Via onderzoek zal de waarde van vangplantteelten nader onderbouwd moeten worden.

#### **6. Alternatieve gewassen**

Bij het zoeken naar oplossingen voor de overschotproblematiek in de akkerbouw geef Meijer een overzicht van potentiële alternatieve akkerbouwgewassen. De genoemde gewassen bieden in een rotatie met aardappelen en bieten uit oogpunt van vruchtwisseling echter onvoldoende perspectief. De gramineeën vormen een gunstige uitzondering. Ook leveren deze gewassen op korte termijn geen (positieve) bijdrage aan het inkomen van de ondernemer, omdat ze (nog) niet te vermarkten zijn. De teelt van gewassen bestemd voor veevoederdoeleinden of bereiding van bio-ethanol zal gezien de prijsvorming slechts gerealiseerd worden als de teelt en verwerking worden gesubsidieerd.

## 7. Resistente rassen

Cramer noemt het gebruik van resistente rassen als een milieuvriendelijke en goedkope oplossing bij de beheersing van bodempathogenen en het beperken van schade als gevolg daarvan. Hij constateert tegelijkertijd een probleem, namelijk dat de gewenste resistenties soms niet of niet in voldoende mate beschikbaar zijn in rassen met een goede cultuurwaarde. Ook op dit terrein moet nog veel noodzakelijk onderzoek gedaan worden voordat resistente rassen in de praktijk een bijdrage kunnen leveren aan de vermindering van schade veroorzaakt door bodempathogenen die zich als gevolg van te nauwe bouwplannen manifesteren.

## 8. Verruiming

Vruchtwisseling en bedrijfseconomische resultaten zijn nauw aan elkaar gerelateerd. Economische motieven hebben aanleiding gegeven om bouwplannen sterk te intensiveren. In een aantal gevallen worden de grote meeropbrengsten echter niet meer goedgemaakt door de werkelijk gemaakte extra kosten. Naar aanleiding van lagere prijzen en strengere milieu-eisen worden alternatieven voor nauwe bouwplannen en intensieve bedrijfssystemen doorgerekend. Supperus constateert dat in een aantal praktijksituaties extensivering onder de gegeven omstandigheden zal leiden tot betere bedrijfsresultaten. De berekeningen geven echter ook aan dat niet voor alle bedrijven eenduidige oplossingen te geven zijn, maar dat voor individuele bedrijven naar specifieke oplossingen gezocht moet worden.

## 9. Wat betekent de huidige kennis voor de praktijk?

Gezien de langzame ontwikkeling in de bedrijfsstructuur zullen akkerbouwers en vollegrondsgroentetelers ook in de nabije toekomst gedwongen zijn een relatief hoog percentage hoog salderende gewassen in het

bouwplan op te nemen. Dit zijn over het algemeen ook de gewassen die problemen oproepen bij de vruchtwisseling. Een ruimer bouwplan lijkt daarom alleen haalbaar als de bedrijfsstructuur versneld wordt verbeterd. De verwachting is dat dit zonder daarop toegesneden overheidsbeleid niet haalbaar is. Nieuwe gewassen die marktbaare produkten leveren en die bovendien een bijdrage kunnen leveren aan de bodemsanitaire, zijn er niet en vragen nog lange tijd van ontwikkeling. Ook vanuit de veredeling zijn tot nu toe geen afdoende oplossingen aangedragen om vruchtwisselingsproblemen te kunnen beheersen. Toch blijven beide aspecten de aandacht vragen bij het zoeken naar structurele oplossingen. Zoals gezegd staat het werken met vanggewassen nog in de kinderschoenen. Toch lijkt het voor een aantal ziekten een methode die toepasbaar is. Verdere ontwikkelingen op dit gebied zijn niet uitgesloten.

Vroegtijdige detectie is een belangrijk wapen in de strijd tegen bodempathogenen. Momenteel zijn er al mogelijkheden voor detectie van het erwtenvoetziektencomplex, knolvoet en cystenalen.

Op basis van kennis van perceels- of plekgewijze aanwezigheid van risico's kunnen specifieke maatregelen getroffen worden, zoals beperkte chemische ingrepen en het (in de toekomst) gebruik van rassen met specifieke resistenties.

In verband met de noodzaak om de afhankelijkheid van het gebruik van chemische middelen te beperken en grote risico's te vermijden, blijft aanpassing van het bouwplan noodzakelijk. Ondernemers zullen daarom zowel op bedrijfs- als sectorniveau moeten blijven zoeken naar mogelijkheden om de door het onderzoek aangedragen oplossingen in te passen. Dit betekent investeren in de toekomst, teneinde ook onder gewijzigde omstandigheden uitzicht te houden op inkomensmogelijkheden.

## Nog leverbare PAGV-uitgaven <sup>1)</sup>

### Verslagen

|   |   |      |
|---|---|------|
| 5. De invloed van het rootijdstip op de stikstofbehoefte van drie suikerbietenrassen; ing. Th. Huiskamp, september 1982 .....   | f | 10,- |
| 6. De betekenis van vrijlevende wortelaaltjes bij maïs; ir. C.A.A.A. Maenhout et al, januari 1983 .....   | f | 10,- |
| 7. Epipré-evaluatieverslag 1982; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, december 1982 .....  | f | 10,- |
| 8. Onderzoek naar verschillen in opbrengst en kwaliteit van consumptie-aardappelen in het zuidwesten van Nederland; ir. C.B. Bus, ing. K.W. Bosma (CA-Barendrecht) en ir. D.W. de Hoop (LEI), februari 1983 ..... | f | 10,- |
| 10. Epipré-instructieboekje 1983; ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, april 1983 .....  | f | 10,- |
| 13. Het effect van de intensiteit van de zaaibedbereiding op het kiembed en de opkomst, opbrengst en kwaliteit van suikerbieten; ing. Th. Huiskamp, september 1983 .....  | f | 10,- |
| 14. Verslag van een driejarig onderzoek naar de optimale stikstofgift voor bruine bonen; G.J. Bom, september 1983 .....   | f | 10,- |
| 15. Epipré-evaluatieverslag 1983; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, januari 1984 .....  | f | 10,- |
| 16. Factoranalyse-onderzoek in snijmaïs in Oost-Overijssel in 1981 en 1982. Ing. J. Boer, januari 1984 .....  | f | 10,- |
| 18. Rendabiliteit van continueelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten op het proefveld PAGV1 (1978 t/m 1982) Ing. H. Preuter, maart 1984 .....  | f | 10,- |
| 19. Biologie en ecologie van kleeftkruid (Galium aparine). Ir. W.G.M. van den Brand, april 1984 .....   | f | 10,- |
| 20. Pootafstanden en gebruik van Alar en Rovral bij de teelt van Alpha-pootgoed. Ing. J. Alblas en B. v.d. Spek, januari 1984 .....   | f | 10,- |
| 21. Epipré 1984 - instructieboekje. Ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, maart 1984 .....  | f | 10,- |
| 22. Resultaten van diep losmaken van zavelgronden in zuidwest-Nederland; 1978-1982. Ing. J. Alblas, april 1984 .....  | f | 10,- |
| 23. Resultaten kalibouwplanproeven op zeeklei. Ir. J. Prummel (IB) en dr. ir. J. Temme (Nederlands Kali Instituut), mei 1984 .....  | f | 10,- |
| 24. Oogstplanning van bloemkool in "de Streek". Ir. R. Booij, oktober 1984 .....  | f | 10,- |
| 25. Beregeningsonderzoek bij asperges op de proeftuin "Noord-Limburg". Ing. D. van der Schans en ir. A.J. Hellings, oktober 1984 .....  | f | 10,- |
| 26. Kalibemesting voor aardappelen in de Brabantse Biesbosch en het Land van Altena. Ing. J. Alblas, november 1984 .....  | f | 10,- |
| 27. Spruitkool bewaren aan de stam. Ing. J.A. Schoneveld, november 1984 .....   | f | 10,- |
| 28. Verslag Inventarisatie Graanziekten 1984. Ing. W. Stol, januari 1985 .....  | f | 10,- |
| 30. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Heino (zandgrond) 1972 - 1982. Ir. J.J. Schröder, maart 1985 .....                 | f | 10,- |
| 31. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze 1974 -1984. Ir. J.J. Schröder, maart 1985 .....  | f | 10,- |
| 32. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Lelystad 1976 - 1980. Ir. J.J. Schröder, maart 1985 .....                                 | f | 10,- |
| 33. Intensieve teeltsystemen bij wintertarwe. Dr. ir. A. Darwinkel, maart 1985 .....  | f | 10,- |
| 35. Biologie en ecologie van zwarte nachtschade (Solanum nigrum). Ir. W.G.M. van den Brand, maart 1985 .....  | f | 10,- |
| 36. Epipré 1985 instructieboekje. Ir. K. Reinink, april 1985 .....  | f | 10,- |
| 37. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van snijmaïs. Ir. C.L.M. de Visser, ir. H.F.M. Aarts, april 1985 .....   | f | 10,- |
| 38. Zuiveringsslib in de akkerbouw; Ir. S. de Haan en ing. J. Lubbers (IB), Ing. A. de Jong (PAGV), maart 1985 .....  | f | 10,- |

<sup>1)</sup> Een volledig overzicht van de PAGV-uitgaven wordt op uw aanvraag graag toegezonden.

|    |  |   |      |
|----|--|---|------|
| 9. | Chemische onkruidbestrijding in de teelt van Engels en Italiaans raaigras, veldbeemdgras en roodzwenkgras. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1985 .....   | f | 20,- |
| 0. | Chemische onkruidbestrijding in de teelt van uien en sjalotten. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1985 .....  | f | 10,- |
| 2. | Themadag effecten van diepe grondbewerking in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt, juli 1985 .....  | f | 10,- |
| 3. | Chemische onkruidbestrijding in de teelt van aardappelen, Ir. C.L.M. de Visser, augustus 1985 .....  | f | 10,- |
| 4. | Chemische onkruidbestrijding in de teelt van erwten, stambonen en veldbonen. Ir. C.L.M. de Visser, augustus 1985 .....   | f | 20,- |
| 5. | Chemische onkruidbestrijding in de teelt van wortelen. Ir. C.L.M. de Visser, september 1985 .....  | f | 10,- |
| 6. | Chemische onkruidbestrijding in de teelt van winterkoolzaad. Ir. C.L.M. de Visser, september 1985 .....  | f | 10,- |
| 7. | Biologie en ecologie van melganzenvoet ( <i>Chenopodium album</i> ). Ir. W.G.M. van den Brand, december 1985 .....   | f | 10,- |
| 8. | Verslag inventarisatie graanziekten 1985. Ing. H.P. Versluis, december 1985 .....  | f | 10,- |
| 9. | Natriumbemesting en natriumbehoefte van suikerbieten. Dr. ir. J. Temme en dr. J.G.H. Stassen, december 1985 .....  | f | 10,- |
| 0. | Epipré instructieboekje 1986. Ing. W. Stol, april 1986 .....   | f | 10,- |
| 1. | Studiedag kluitplanten. Ir. R. Booij en N.J. Snoek, juli 1986 .....  | f | 10,- |
| 2. | Biologie en ecologie van hanepoot ( <i>Echinochloa crus-galli</i> ). Ir. W.G.M. van den Brand, juli 1986 .....   | f | 10,- |
| 3. | Opkomstperiodiciteit bij 40 eenjarige akkeronkruidsoorten en enkele hiermee samenhangende onkruidbestrijdingsmaatregelen. Ir. W.G.M. van den Brand, oktober 1986 .....                                 | f | 10,- |
| 4. | De teelt van wintertarwe als dekvrucht voor veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986 .....   | f | 10,- |
| 6. | De invloed van het maaien van de tarwestoppel op ondergezaaide veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986 .....  | f | 10,- |
| 7. | Benutting afvalwarmte bij vollegrondsteelten. Ing. J.A. Schoneveld, november 1986 .....  | f | 10,- |
| 9. | Het bestrijden van verstuiwen op landbouwgronden. Dr. ir. A. Darwinkel, november 1986 .....  | f | 10,- |
| 0. | Stikstofbemesting van wintertarwe. Ir. K. Reinink, december 1986 .....   | f | 10,- |
| 3. | De invloed van teeltmaatregelen bij winterkoolzaad op de zaadproductie in Noord-Nederland. S. Vreeke, maart 1987 .....   | f | 10,- |
| 4. | Themadag "Werkbaarheid en tijdigheid", 13 mei 1987 .....   | f | 10,- |
| 5. | Invloed van plantaantal en potmaat op de opbrengst en de sortering van pootaardappelen. Ing. J.K. Ridder, mei 1987 .....   | f | 10,- |
| 6. | Bewaren en voorkiemen bij pootaardappelen. Ing. J.K. Ridder, mei 1987 .....  | f | 10,- |
| 8. | Vervroeging van vollegrondsgroenten met afdekmaterialen. Ir. C.F.G. Kramer en J.T.K. Poll, september 1987 .....  | f | 10,- |
| 3. | Biologie en ecologie van vogelmuur ( <i>Stellaria media</i> ). Ir. W.G.M. van den Brand, september 1987 .....  | f | 10,- |
| 3. | Ontwikkeling van een biotoets voor het Noordelijk wortelknobbelaaltje ( <i>Meloidogyne hapla</i> ). Ing. A.A.W. Zondervan, november 1987 .....   | f | 10,- |
| 1. | Het EPIPRE-adviesmodel, een kritische analyse. Werkgroep EPIPRE, december 1987 .....   | f | 10,- |
| 2. | Teelttechnische en economische aspecten bij de teelt van kleine witte kool. Ing. C. van Wijk, ir. C. Kramer, ing. G. Schroën en ir. R. Booij, januari 1988 .....                                       | f | 10,- |
| 3. | Het optimale oogsttijdstip van snijmaïs. Ing. H.M.G. van der Werf, april 1988 .....  | f | 10,- |
| 4. | Ontwikkelen van teeltbegeleidingssystemen voor aardappelen en suikerbieten. Ir. C.L.M. de Visser e.a., mei 1988 .....  | f | 10,- |
| 5. | Bedrijfseconomische aspecten van de grondontsmetting in rotaties met consumptie-aardappelen, suikerbieten en wintertarwe op het proefveld te Westmaas (1981 t/m 1986). Ing. H. Preuter, mei 1988 ..... | f | 10,- |

|   |   |      |
|---|---|------|
| 76. Invloed van de verkruiemeling van de grond op verslumping en zuurstofgehalte in relatie tot de groei van aardappelen. J.K. Ridder, C.B. Bus en J.F. Houwing, mei 1988 .....                                 | f | 10,- |
| 77. Jaarverslag 1986 proefproject Borgerswold. Ing. J. Boerma, december 1988 .....  | f | 10,- |
| 78. Bijzaaien en overzaaien van snijmaïs. H.M.G. van der Werf en H. Hoek, december 1988 .....   | f | 10,- |
| 79. Teeltvervroeging bij snijmaïs. H.M.G. van der Werf, februari 1989 .....   | f | 10,- |
| 80. Economische aspecten van de plantdichtheid bij witlof. Ir. C.F.G. Kramer, februari 1989 .....   | f | 10,- |
| 81. Stikstofbemesting van ijssla. Dr. ir. J.H.G. Slangen (LU), ir. H.H.H. Titulaer (PAGV), ir. H. Niers (IB) en dr. ir. J. van der Boon (IB), februari 1989 .....   | f | 10,- |
| 82. Classificatievoorstel plantesoorten, cultuurgewassen, rasgroepen en teeltwijzen in de akkerbouw, vollegrondsgroente- en bloembollenteelt. Ir. P.W.J. Raven (PAGV) en ir. J.W. Stoop (LBO), maart 1989 ..... | f | 10,- |
| 83. De invloed van de hoge teeltfrequentie op opbrengst en kwaliteit van (fijne) peen. Ing. Th. Huiskamp, april 1989 .....  | f | 10,- |
| 84. Oppervlakkige grondbewerking in het gewas maïs. H.M.G. van der Werf (PAGV), J.J. Klooster (IMAG) en D.A. van der Schans (PAGV), mei 1989 .....  | f | 10,- |
| 85. Toedienen van drijfmest in maïs (vervolgonderzoek 1985-1987). Ir. J. Schröder (PAGV) en ir. L.C.N. de la Lande Cremer (IB), mei 1989 .....  | f | 10,- |
| 86. Teelt van fabrieksaardappelen op bedden ten opzichte van op ruggen. Ing. J.K. Ridder, juli 1989 .....   | f | 10,- |
| 87. Detaillering van het onderdeel Bemesting van het Informatiemodel "Open Teelten"-bedrijf. Ir. A. Landman en ir. A.E. Brands, juli 1989 .....   | f | 10,- |
| 88. Bestrijding van moederkoren in graszaadgewassen. Ir. G. Horeman en G. Olthof, juli 1989 .....   | f | 10,- |
| 89. Diep losmaken van zavelgronden in zuidwest-Nederland. J. Alblas, E.C. Vos en J.G.N. Wander, juli 1989 .....   | f | 10,- |
| 90. Jaarverslag Borgerswold 1987. Ing. J. Boerma, augustus 1989 .....   | f | 10,- |